Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Справочный материал к Правилам МАГАТЭ по безопасной перевозке радиоактивных материалов

РУКОВОДСТВО

No. TS-G-1.1 (ST-2)

IAEA
Международное агентство по атомной энергии

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ПУБЛИКАЦИИ МАГАТЭ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

В соответствии со статьей III своего Устава Агентство уполномочено устанавливать или принимать нормы безопасности для защиты здоровья и сведения к минимуму опасностей для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в **Серии норм МАГАТЭ по безопасности**. Эта серия охватывает вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозок, безопасности отходов, а также общей безопасности (т.е. все эти области безопасности). Категории публикаций в этой серии – это **Основы безопасности**, **Требования безопасности** и **Руководства по безопасности**.

Нормы безопасности обозначаются в соответствии со сферой их применения: ядерная безопасность (NS), радиационная безопасность (RS), безопасность перевозки (TS), безопасность отходов (WS) и общая безопасность (GS).

Информацию о программе МАГАТЭ по нормам безопасности можно получить на сайте МАГАТЭ в Интернете

http://www-ns.iaea.org/standards/

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, китайском, испанском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и отчет о положении дел с нормами безопасности, находящимися в стадии разработки. Для получения дополнительной информации просьба обращаться по адресу: P.O. Box 100, Wagramerstrasse 5, A-1400 Vienna, Austria.

Всем пользователям норм безопасности МАГАТЭ предлагается сообщать МАГАТЭ об опыте их использования (например, в качестве основы для национальных регулирующих положений, для составления обзоров безопасности и учебных курсов) в целях обеспечения того, что они по-прежнему отвечают потребностям пользователей. Эта информация может быть направена через интернет-сайт МАГАТЭ или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу Official.Mail@iaea.org.

ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

МАГАТЭ обеспечивает применение норм и в соответствии со статьями III и VIII.C своего Устава предоставляет сведения и способствует обмену информацией, касающейся мирной деятельности в ядерной области, и служит в этом посредником между своими государствами-членами.

Доклады по вопросам безопасности и защиты в ядерной деятельности выпускаются в другой серии публикаций, в частности, в **Серии докладов по безопасности**. В Докладах по безопасности приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности. К другим сериям публикаций МАГАТЭ по вопросам безопасности относятся **Серия обеспечения применения норм безопасности**, **Серия докладов по радиологическим оценкам** и **Серия ИНСАГ** Международной группы по ядерной безопасности. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиационным авариям и другие специальные публикации.

Публикации по вопросам безопасности выпускаются также в **Серии технических докладов - Серия TECDOC МАГАТЭ**, **Серии учебных курсов** и **Серии услуг МАГАТЭ**, а также в качестве **Практических руководств по радиационной безопасности** и **Практических технических руководств по излучениям**. Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии МАГАТЭ по физической ядерной безопасности**.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ПРАВИЛАМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКЕ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

АВСТРАЛИЯ
АВСТРИЯ
АЗЕРБАЙДЖАН
АЛБАНИЯ
АЛЖИР
АНГОЛА
АРГЕНТИНА
АРМЕНИЯ
АФГАНИСТАН
БАНГЛАДЕШ
БЕЛАРУСЬ
БЕЛЬГИЯ
БЕНИН
БОЛГАРИЯ
БОЛИВИЯ
БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА
БОТСВАНА
БРАЗИЛИЯ
БУРКИНА-ФАСО
БЫВШАЯ ЮГОСЛ. РЕСП. МАКЕДОНИЯ
ВЕНГРИЯ
ВЕНЕСУЭЛА
ВЬЕТНАМ
ГАБОН
ГАИТИ
ГАНА
ГВАТЕМАЛА
ГЕРМАНИЯ
ГОНДУРАС
ГРЕЦИЯ
ГРУЗИЯ
ДАНИЯ
ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА КОНГО
ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ЕГИПЕТ
ЗАМБИЯ
ЗИМБАБВЕ
ИЗРАИЛЬ
ИНДИЯ
ИНДОНЕЗИЯ
ИОРДАНИЯ
ИРАК
ИРАН, ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ИРЛАНДИЯ
ИСЛАНДИЯ
ИСПАНИЯ
ИТАЛИЯ
ЙЕМЕН
КАЗАХСТАН
КАМЕРУН
КАНАДА
КАТАР
КЕНИЯ
КИПР
КИТАЙ
КОЛУМБИЯ
КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА
КОСТА-РИКА
КОТ-Д'ИВУАР
КУБА
КУВЕЙТ
КЫРГЫЗСТАН
ЛАТВИЯ
ЛИБЕРИЯ
ЛИВАН
ЛИВИЙСКАЯ АРАБСКАЯ ДЖАМАХИРИЯ
ЛИТВА
ЛИХТЕНШТЕЙН
ЛЮКСЕМБУРГ
МАВРИКИЙ
МАВРИТАНИЯ
МАДАГАСКАР
МАЛАЙЗИЯ
МАЛИ
МАЛЬТА
МАРОККО
МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА
МЕКСИКА
МОНАКО
МОНГОЛИЯ
МЬЯНМА
НАМИБИЯ
НИГЕР
НИГЕРИЯ
НИДЕРЛАНДЫ
НИКАРАГУА
НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ
НОРВЕГИЯ
ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА ТАНЗАНИЯ
ОБЪЕДИНЕННЫЕ АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ
ПАКИСТАН
ПАНАМА
ПАРАГВАЙ
ПЕРУ
ПОЛЬША
ПОРТУГАЛИЯ
РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
РУМЫНИЯ
САЛЬВАДОР
САУДОВСКАЯ АРАВИЯ
СЕЙШЕЛЬСКИЕ ОСТРОВА
СВЯТЕЙШИЙ ПРЕСТОЛ
СЕНЕГАЛ
СЕРБИЯ И ЧЕРНОГОРИЯ
СИНГАПУР
СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА
СЛОВАКИЯ
СЛОВЕНИЯ
СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ
СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
СУДАН
СЬЕРРА-ЛЕОНЕ
ТАДЖИКИСТАН
ТАИЛАНД
ТУНИС
ТУРЦИЯ
УГАНДА
УЗБЕКИСТАН
УКРАИНА
УРУГВАЙ
ФИЛИППИНЫ
ФИНЛЯНДИЯ
ФРАНЦИЯ
ХОРВАТИЯ
ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ЧИЛИ
ШВЕЙЦАРИЯ
ШВЕЦИЯ
ШРИ-ЛАНКА
ЭКВАДОР
ЭРИТРЕЯ
ЭСТОНИЯ
ЭФИОПИЯ
ЮЖНАЯ АФРИКА
ЯМАЙКА
ЯПОНИЯ

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральных учреждениях Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке. Устав вступил в силу 29 июля 1957 года. Центральные учреждения Агентства находятся в Вене. Главной целью Агентства является достижение “более скорого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире”.

© МАГАТЭ, 2005

Разрешение на воспроизведение или перевод информации, содержащейся в данной публикации, можно получить, направив запрос в письменном виде по адресу: International Atomic Energy Agency, Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Апрель 2005
STI/PUB/1109

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

СЕРИЯ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ, № TS-G-1.1(ST-2)

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ПРАВИЛАМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКЕ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2005 ГОД

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ
К ПРАВИЛАМ МАГАТЭ
ПО БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКЕ
РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МАГАТЭ, ВЕНА, 2005

STI/PUB/1109
ISBN 92–0–406005–0
ISSN 1020–5845

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мохамед ЭльБарадей
Генеральный директор

Одна из уставных функций МАГАТЭ сводится к тому, чтобы устанавливать или применять нормы безопасности для охраны здоровья, жизни и имущества в деятельности по освоению и применению ядерной энергии в мирных целях, а также обеспечивать применение этих норм как в своей собственной работе, так и в работе, в которой оказывается помощь, и, по требованию сторон, в деятельности, проводимой на основании любого двустороннего или многостороннего соглашения, или, по требованию того или иного государства, к любому виду деятельности этого государства в области ядерной энергии.

Наблюдение за разработкой норм безопасности осуществляют следующие органы: Комиссия по нормам безопасности (КНБ); Комитет по нормам ядерной безопасности (НУССК); Комитет по нормам радиационной безопасности (РАССК); Комитет по нормам безопасности перевозки (ТРАНССК); и Комитет по нормам безопасности отходов (ВАССК). Государства-члены широко представлены в этих комитетах.

Чтобы обеспечить широчайший международный консенсус, нормы безопасности направляются также всем государствам-членам для замечаний перед их одобрением Советом управляющих МАГАТЭ (в случае Основ безопасности и Требований безопасности) или, от имени Генерального директора, Комитетом по публикациям (в случае Руководств по безопасности).

Нормы безопасности МАГАТЭ не имеют юридически обязательной силы для государств-членов, но они могут приниматься ими по их собственному усмотрению для использования в национальных регулирующих положениях, касающихся их собственной деятельности. Эти нормы обязательны для МАГАТЭ в отношении его собственной работы и для государств в отношении операций, в которых МАГАТЭ оказывает помощь. Любое государство, желающее вступить в соглашение с МАГАТЭ, касающееся его помощи в связи с выбором площадки, проектированием, строительством, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией или снятием с эксплуатации ядерной установки или любой другой деятельностью, должно будет выполнять те части норм безопасности, которые относятся к деятельности, охватываемой соглашением. Однако следует помнить, что ответственность за принятие окончательных решений и юридическая ответственность в любых процедурах лицензирования возлагается на государства.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Нормы безопасности устанавливают важнейшие основы для безопасности, однако может также потребоваться включение более детальных требований, отражающих национальную практику. Кроме того, будут включаться, как правило, специальные вопросы, которые должны оцениваться на индивидуальной основе.

Физическая защита делящихся и радиоактивных материалов и АЭС в целом упоминается в надлежащих случаях, но не рассматривается подробно; к обязательствам государств в этом отношении следует подходить на основе соответствующих договорно-правовых документов и публикаций, разработанных под эгидой МАГАТЭ. Нерадиологические аспекты техники безопасности на производстве и охраны окружающей среды также прямо не рассматриваются; признано, что государства должны выполнять свои международные обязательства и обязанности относительно них.

Требования и рекомендации, изложенные в нормах безопасности МАГАТЭ, возможно, не полностью соблюдаются на некоторых установках, построенных в соответствии с принятыми ранее нормами. Решения о том, как нормы безопасности должны применяться на таких установках, будут приниматься государствами.

Внимание государств обращается на тот факт, что нормы безопасности МАГАТЭ, не являясь юридически обязательными, разработаны с целью обеспечения того, чтобы применение ядерной энергии и радиоактивных материалов в мирных целях осуществлялось таким образом, который дает возможность государствам выполнять свои обязательства в соответствии с общепринятыми принципами международного права и правилами, касающимися охраны окружающей среды. Согласно одному такому общему принципу территория государства не должна использоваться так, чтобы причинить ущерб в другом государстве. Государства, следовательно, обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую меру заботливости.

Гражданская ядерная деятельность, осуществляемая в рамках юрисдикции государств, как и любая другая деятельность, подпадает под действие обязательств, которые государства могут принимать согласно международным конвенциям в дополнение к общепринятым принципам международного права. Государствам надлежит принимать в рамках своих национальных юридических систем такое законодательство (включая правила) и другие нормы и меры, которые могут быть необходимы для эффективного выполнения всех взятых на себя международных обязательств.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ВСТУПЛЕНИЕ

Настоящий Справочный материал не является самостоятельным документом. Его содержание имеет значение только в том случае, если документ используется одновременно, как сопровождение документа МАГАТЭ из Серии норм МАГАТЭ по безопасности № ST-11 «Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов» (Издание 1996 года), далее упоминаемого, как «Правила». Чтобы установить перекрестные ссылки между настоящим документом и Правилами, каждый пункт Справочного материала пронумерован в соответствии номером того пункта Правил, к которому он непосредственно относится. Чтобы в случаях ссылок отличать пункты Справочного материала от соответствующих пунктов в Правилах, пункты Справочного материала всегда имеют цифру после десятичной точки, даже в случаях, когда этот пункт (подпункт) является единственным. Таким образом, например, справку, относящуюся к пункту 401 Правил, следует начать с просмотра пункта 401.1 Справочного материала. Сам целый номер пункта, отдельный или в сопровождении букв в скобках, на который имеются ссылки в тексте, следует принимать, как обозначение пункта Правил.

Публикации, перечисленные под заголовками «Литература», представляют собой версии документов, использованных при разработке Правил издания 1996 года и настоящего Справочного материала. Некоторые из этих документов позднее были заменены новыми редакциями. К ним можно обращаться для получения более свежей информации, осознавая, что более ранние издания являются основой для последующих дискуссий.

С первого издания в 1961 г. Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов* (Правила МАГАТЭ) послужили основой для обеспечения безопасности при перевозке радиоактивных материалов во всем мире. Положения Правил МАГАТЭ были адаптированы в национальные правила большинством государств – членов Агентства. Международные регулирующие органы, ответственные за различные виды транспорта, также внедрили Правила МАГАТЭ. Рекорд безопасности, достигнутый с начала внедрения и в процессе нескольких всесторонних пересмотров Правил, продемонстрировал эффективность, как регулирующих положений, так и мероприятий, предназначенных для обеспечения их выполнения.

В дискуссиях, в результате которых была разработана первая редакция Правил МАГАТЭ, была выявлена необходимость публикации дополнения к Правилам, которое может предоставить информацию к

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

отдельным положениям относительно целей этих положений, их обоснований и относительно того, как применять их на практике. Научная основа классификации радиоизотопов для целей перевозки, затем и для их использования, и факторы, которые должны быть приняты во внимание компетентными органами при утверждении конструкций упаковок, явились примерами, приведенными в поддержку этой концепции. В ответ Агентство опубликовало документ Серии изданий по безопасности № 7, озаглавленный в своей первой редакции в 1961 году «Заметки по Отдельным Аспектам Правил»*.

По мере того, как рос опыт применения Правил, с возрастающей степенью становилось очевидным, что хотя положения Правил могут быть достаточно ясными и недвусмысленными, тем не менее, часто они могут быть очень специализированными в техническом отношении и неизбежно сложными. Кроме того, в Правилах намеренно устанавливалось только то, «что» не должно превышаться в отношении характеристик упаковки и эксплуатационных условий, чтобы обеспечить безопасность. Не было стремления описать, «как» пользователь должен выполнять требования; действительно, свобода вводить и разрабатывать новые способы для обеспечения выполнения была признана весьма желательной в такой высокотехнологичной области. Дополнительный источник информации к Правилам, который содержит рекомендации о том, «как» выполнять Правила, и, который мог бы дополняться по мере приобретения опыта, был подготовлен Агентством сначала для Правил издания 1973 года. Он был озаглавлен «Справочный материал к Правилам МАГАТЭ по безопасной перевозке радиоактивных веществ». Это было издание в Серии изданий по безопасности № 37.

До публикации предыдущего издания Правил МАГАТЭ в 1985 году, документ Серии изданий по безопасности № 37 пережил третье издание. Тем временем, документ Серии изданий по безопасности № 7, который включал в себя информацию о научной основе и логическом обосновании Правил, был переименован в Пояснительный материал к Правилам МАГАТЭ по безопасной перевозке радиоактивных материалов, и, включая в основном информацию о научной основе и логических обоснованиях Правил, был опубликован во втором издании.

В процессе пересмотра, который был завершен в 1996 году, главный консультативный орган МАГАТЭ по транспорту, Консультативный комитет по нормам безопасности при перевозках (TRANSSAC), после консультаций с отделом публикаций Агентства, согласился, что было бы полезным упрощением объединить два Руководства по безопасности, прежде известные как Серия изданий по безопасности № 7 и Серия изданий по безопасности № 37, в один материал, который будет известен, как

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

«Справочный материал к Правилам МАГАТЭ по безопасной перевозке радиоактивных материалов». Преимуществом такого подхода была бы консолидация справочной информации к Правилам в одном месте и исключение дублирования. Главным смыслом настоящей публикации стал ее консультативный характер. Включение некоторого поясняющего материала поддерживает эту функцию, так как ясное понимание основы регулирующих норм позволяет пользователям правильно их интерпретировать и полностью им соответствовать.

Таким образом, главной целью данной публикации (именуемой далее, как Справочный материал) является предоставить пользователям руководство по проверенным и приемлемым путям выполнения и демонстрации выполнения Правил. Необходимо подчеркнуть, что текст не построен, как однозначно истолковываемый. Он предлагает рекомендации относительно путей выполнения, но он не устанавливает «единственный путь» выполнения какого-либо конкретного положения.

Государства-члены МАГАТЭ и международные организации приглашаются, чтобы обратить внимание на данную публикацию и довести ее до сведения отдельных представителей и организаций, которые являются пользователями или подпадают под действие Правил МАГАТЭ. Более того, читатели поощряются к представлению в Международное агентство по атомной энергии, через их компетентные органы, любых комментариев, которые они пожелают сделать, включая предложения по корректировке, дополнению, либо сокращению материалов.

РЕДАКЦИОННОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

Дополнение, если оно включено, представляет собой неотъемлемую часть норм и имеет тот же статус, что и основной текст. Приложения, сноски и списки литературы, если они включены, содержат дополнительную информацию или практические примеры, которые могут оказаться полезными для пользователя.

Формулировка “должен, должна, должно, должны” используется в нормах безопасности в случаях, когда речь идет о требованиях, обязанностях и обязательствах. Для рекомендации желательного варианта используется формулировка “следует”.

Официальным является английский вариант документа.

Перевод настоящей публикации и научное редактирование/контроль качества этого перевода были выполнены Научно-техническим центром по ядерной и радиационной безопасности (НТЦ ЯРБ) Госатомнадзора России.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I. ВВЕДЕНИЕ 1

Общие сведения 1
Цель 1
Сфера применения 1
Литература к разделу I 4

РАЗДЕЛ II. ОПРЕДЕЛЕНИЯ 5

Литература к разделу II 34

РАЗДЕЛ III. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 36

Радиационная защита 36
Аварийные мероприятия 42
Обеспечение качества 43
Обеспечение соблюдения правил 44
Специальные условия 46
Литература к разделу III 48

РАЗДЕЛ IV. ПРЕДЕЛЫ АКТИВНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ 49

Основные значения для радионуклидов 49
Определение основных значений для радионуклидов 51
Пределы содержимого упаковок 53
Литература к разделу IV 58

РАЗДЕЛ V. ТРЕБОВАНИЯ И КОНТРОЛЬ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПЕРЕВОЗОК 61

Требования, подлежащие выполнению перед первой перевозкой 61
Требования, подлежащие выполнению перед каждой перевозкой 63
Перевозка других грузов 67
Другие опасные свойства содержимого 67

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Требования и контроль в отношении радиоактивного загрязнения и упаковок с утечкой 69
Требования и контроль в отношении перевозки освобожденных упаковок 77
Требования и контроль в отношении перевозки материалов НУА и ОПРЗ в промышленных упаковках и без упаковок 82
Определение транспортного индекса 83
Определение индекса безопасности по критичности 86
Пределы значений транспортного индекса, индекса безопасности по кртичности и уровней излучения для упаковок и транспортных пакетов 87
Категории 88
Маркировка, этикетки и знаки 89
Ответственность грузоотправителя 98
Перевозка и транзитное хранение 101
Таможенные операции 115
Недоставленные грузы 116
Литература к разделу V 116

РАЗДЕЛ VI. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РАДИОАКТИВНЫМ МАТЕРИАЛАМ, УПАКОВОЧНЫМ КОМПЛЕКТАМ И УПАКОВКАМ 119

Требования, предъявляемые к радиоактивным материалам . . . 119
Общие требования ко всем упаковочным комплектам и упаковкам 124
Дополнительные требования, предъявляемые к упаковкам, перевозимым воздушным транспортом 128
Требования, предъявляемые к освобожденным упаковкам . . . 129
Требования, предъявляемые к промышленным упаковкам . . . 129
Требования, предъявляемые к упаковкам, содержащим гексафторид урана 136
Требования, предъявляемые к упаковкам типа A 140
Требования, предъявляемые к упаковкам типа B (U) 147
Требования, предъявляемые к упаковкам типа B(M) 167
Требования, предъявляемые к упаковкам типа C 169
Требования, предъявляемые к упаковкам, содержащим делящийся материал 171
Литература к разделу VI 185

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел VII. ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ 189

Подтверждение соответствия требованиям 189
Испытания радиоактивного материала особого вида 198
Испытания радиоактивного материала с низкой способностью к рассеянию 200
Испытания упаковок 202
Литература к разделу VII 243

РАЗДЕЛ VIII. УТВЕРЖДЕНИЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ 247

Общие положения 247
Утверждение радиоактивного материала особого вида и радиоактивного материала с низкой способностью к рассеянию 249
Утверждение конструкций упаковок 249
Положения для переходного периода 251
Уведомление о серийных номерах и их регистрация 256
Утверждение перевозок 257
Утверждение перевозок в специальных условиях 258
Сертификаты об утверждениИ, выдаваемые компетентными органами 260
Содержание сертификатов об утверждении 261
Подтверждение сертификатов 264
Литература к разделу VIII 265

Приложение I СИСТЕМА Q ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРИМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ A_1 и A_2 267

Введение 267
Предпосылки 268
Основы системы Q 269
Дозиметрические модели и допущения 272
Особые соображения 284
Применение 289
Таблицы значений Q 294
Цепочки распада, используемые в системе Q 308
Выводы 311
Литература к Приложению I 312

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Приложение II ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА И УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ, ДОЗОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ МОЩНОСТИ ДОЗЫ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДОВ И УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ УРАНА 315

Литература к Приложению II 341

Приложение III ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К МИНИМАЛЬНЫМ РАЗДЕЛЯЮЩИМ РАССТОЯНИЯМ 343

Введение 343
Размещение одной группы упаковок под основной палубой на пассажирском воздушном судне 345
Размещение нескольких групп упаковок под основной палубой пассажирского воздушного судна 348
Размещение на основной палубе воздушного судна типа «комби» или грузового воздушного судна 350
Разделяющие расстояния для необработанных фотопленок . . 352
Литература к Приложению III 352

Приложение IV ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ 353

Введение 353
Программы обеспечения качества 358
Организация 359
Контроль документов 360
Контроль за проектом 361
Контроль за поставками 363
Контроль материалов 365
Контроль процессов 366
Контроль инспекций и испытаний 367
Контроль несоответствия 368
Корректирующие действия 369
Записи 369
Персонал и обучение 370
Обслуживание 370
Аудит 371

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Определения терминов, использованных в Приложении IV . . . 371
Литература к Приложению IV 373

Приложение V УКЛАДКА И КРЕПЛЕНИЕ УПАКОВОК ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ 375

Введение 375
Типы систем крепления 376
Рассмотрение коэффициента перегрузок упаковки 377
Демонстрация соответствия путем испытаний 379
Примеры конструкций систем крепления и их оценки 381
Определения терминов, использованных в Приложении V 388
Литература к Приложению V 389

Приложение VI РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОЙ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ УПАКОВОК В ОТНОШЕНИИ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ 391

Введение 391
Общее рассмотрение методов оценки 392
Рассмотрение механики разрушения 397
Коэффициенты безопасности для метода 3 402
Процедура оценки для метода 3 403
Литература к Приложению VI 410

Приложение VII ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПО КРИТИЧНОСТИ 413

Введение 413
Описание упаковки 413
Модели анализа безопасности по критичности 415
Метод анализа 417
Валидация расчетного метода 420
Расчеты и результаты 427
Специальные вопросы 436
Вопросы конструкции и эксплуатации 441
Литература к Приложению VII 443

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ 447
ОРГАНЫ ПО ОДОБРЕНИЮ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ 451

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 453

Таблица I. Поправочные коэффициенты на размеры упаковки и детектора 26
Таблица II. Пример разделения между классами опасных грузов 106
Таблица III. Сравнение четырех методов испытаний для определения объемной утечки, рекомендуемых Астоном и др. [3] 121
Таблица IV. Список кодов VRI по странам 262
Таблица I.1. Дозовые коэффициенты для погружения в облако . . 285
Таблица I.2. Пределы содержимого упаковки A: Q_A, Q_B, Q_C и т.д. Значения и пределы материалов особого вида (A_1) и не особого вида (A_2) 295
Таблица I.3. Цепочки распада, используемые в системе Q 309
Таблица II.1. Период полураспада и удельная активность радионуклидов 315
Таблица II.2. Дозовые коэффициенты и коэффициенты мощности дозы радионуклидов 328
Таблица II.3. Удельная активность урана при различном обогащении 341
Таблица III.1. Коэффициенты пропускания 347
Таблица III.2. Изменение разделяющих расстояний в зависимости от транспортного индекса для отдельной группы упаковок, размещенных под основной палубой пассажирского воздушного судна 347
Таблица III.3. Изменение разделяющих расстояний в зависимости от транспортного индекса при размещении на основной палубе воздушного судна типа «комби» или грузового воздушного судна 351
Таблица IV.1. Базовые элементы программ обеспечения качества, которые следует рассматривать и применять для безопасной перевозки радиоактивных материалов 357
Таблица V.1. Коэффициенты перегрузок для конструкций систем крепления упаковок 379
Таблица V.2. Коэффициенты перегрузок для конструкций систем крепления отдельных упаковок 380
Таблица V.3. Символы, используемые при расчете прямоугольной упаковки с фланцем на днище, крепящимся болтами к транспортному средству 387

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел I

ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

103.1. При осуществлении национальных или международных перевозок необходимо принимать во внимание правила для соответствующего вида транспорта, который должен быть использован в странах, где эти перевозки будут выполняться. В то время как большинство основных требований таких правил находится в соответствии с Правилами МАГАТЭ, могут быть различия в распределении ответственности за проведение конкретных действий. Для воздушных перевозок следует принимать во внимание Технические инструкции по безопасной перевозке опасных грузов по воздуху Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и Правила перевозки опасных грузов Международной ассоциации воздушного транспорта (ИАТА) с учетом специфики государства и оператора. Для морских перевозок следует принимать во внимание Международный Кодекс морской перевозки опасных грузов Международной морской организации (ИМО). Некоторые страны приняли Правила МАГАТЭ как рекомендательные, в то время как другие включили эти Правила в свои национальные правила с незначительными изменениями.

ЦЕЛЬ

104.1. Основной целью Правил является обеспечение постоянного и адекватного уровня безопасности, который соответствовал бы внутренней опасности, представляемой транспортируемыми радиоактивными материалами. В осуществимой степени требуется, чтобы основные составляющие безопасности были обеспечены за счет конструкции упаковки. Полагаясь в первую очередь на конструкцию и подготовку упаковок, необходимость в специальных действиях в процессе транспортировки, т.е. для перевозчика, сводится к минимуму. Тем не менее, некоторый оперативный контроль для обеспечения безопасности необходим.

СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ

106.1. Перевозка включает в себя транспортировку общим перевозчиком, либо владельцем или работающим по найму, когда транспортировка

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

является побочным процессом по отношению к использованию радиоактивных материалов, например, транспортные средства, перевозящие радиографические устройства, перемещаемые к или от рабочей площадки радиографа, транспортные средства, перевозящие устройства для измерения плотности, перемещаемые на стройплощадку или обратно, и передвижные буровые установки, имеющие измерительные устройства, содержащие радиоактивные материалы, и радиоактивные материалы, используемые для введения в нефтяные скважины.

107.1. Правила не предназначены для применения по отношению к перемещению радиоактивных материалов, которые составляют неотъемлемую часть транспортных средств, таких, как, противовесы из обедненного урана или тритиевые знаки выхода, используемые в авиации; или радиоактивных материалов, находящихся в организмах людей или животных в медицинских или ветеринарных целях, таких как кардиостимуляторы или радиоактивные материалы, введенные в организм людей или животных с целью диагностики или проведения исследований. Лечащий врач или ветеринар должны давать необходимые консультации по радиологической безопасности.

107.2. Продукты потребления это предметы доступные широкой публике, как конечному пользователю, без последующего контроля или ограничения. Это могут быть такие устройства, как детекторы дыма, светящиеся циферблаты или ионо-генерирующие трубки, которые содержат малые количества радиоактивных материалов. Продукты потребления находятся вне действия Правил только после продажи конечному пользователю. Любые перевозки, включая перевозки между производителями, дистрибьюторами и розничными продавцами находятся в сфере действия Правил, чтобы гарантировать, что большие количества товаров, изъятых из сферы регулирования при индивидуальном потреблении, не перевозятся не регулируемым образом.

107.3. Принципы изъятия и их применение к перевозке радиоактивных материалов рассматриваются в пункте 401.

107.4. Действие Правил распространяется на природные материалы или руды, которые составляют часть ядерного топливного цикла или которые подлежат переработке с тем, чтобы использовать их радиоактивные свойства. Правила не применяются к другим рудам, которые могут содержать природные радионуклиды, но чья полезность не определяется свойствами деления, свойствами ядерного топливного сырья или

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

радиоактивными свойствами этих радионуклидов, при условии, что концентрация активности не превышает более чем в 10 раз уровней изъятия по концентрации. Кроме того, Правила не применяются к природным материалам и рудам, содержащим природные радионуклиды, (до 10 кратного уровня изъятия по величине концентрации) и подвергнутые переработке, если физическая или химическая переработка не преследовала цели извлечения радионуклидов, например, отмытые пески и отходы при очистке глинозема. Вне упомянутых случаев Правила должны применяться к огромному количеству материалов, представляющих даже незначительную опасность. Однако в природе встречаются руды, концентрация радиоактивности в которых много выше уровня изъятия. Регулярная транспортировка таких руд может потребовать применения мер по радиационной защите. Поэтому был выбран коэффициент 10 кратного превышения уровня изъятия для концентраций активности, как обеспечивающий необходимый баланс между заботой о радиологической защите и практическими неудобствами, связанными с регулированием большого количества материалов с низкой концентрацией радиоактивности природных радионуклидов.

108.1. Хотя данные Правила обеспечивают требуемый уровень безопасности перевозки без необходимости регламентации маршрутов, регулирующие органы некоторых государств-членов МАГАТЭ ввели требования в отношении маршрутов. При введении предписаний в отношении маршрутов должны приниматься во внимание риски радиологического и не радиологического характера при нормальных и аварийных условиях, а так же демографические соображения. Подходы, используемые при установлении ограничений по выбору маршрутов, следует основывать на всех факторах, дающих вклад в общий риск при перевозке радиоактивных материалов, а не только на сценариях «наихудшего случая», то есть авариях с «низкой вероятностью/ тяжелыми последствиями». Так как, регулирующие органы государства, провинции или даже какого-либо местного уровня могут быть вовлечены в решения по маршрутам, часто может потребоваться обеспечение их либо результатами оценки альтернативных маршрутов, либо очень простыми методами, которые они могут использовать.

108.2. При оценке радиологической опасности и обеспечении того, что требования в отношении маршрутов не снижают уровень безопасности, установленный в Правилах, следует проводить анализы с использованием специальных программ для оценки риска. Одна из таких программ, которую можно использовать, INTERTRAN [1], была разработана в

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

рамках координированной исследовательской программы МАГАТЭ. Это компьютерная программа, основанная на оценках воздействия на окружающую среду, доступна для использования в государствах-членах МАГАТЭ. Несмотря на большое количество неопределенностей, присущее обобщенной модели, и трудности выбора соответствующих входных данных для аварийных условий, эта программа может быть использована для расчета и понимания, по крайней мере, на качественном уровне, факторов, являющихся значительными для определения радиологического воздействия при использовании альтернативных маршрутов перевозки радиоактивных материалов. Эти факторы являются важными аспектами, которые следует принимать во внимание при любом решении относительно маршрута. Для решений в отношении маршрута при единственном виде транспорта может быть принято множество упрощающих допущений, и могут быть определены общие факторы, которые в результате приводят к облегчению использования методов оценки относительного риска.

108.3. Может также потребоваться, чтобы грузоотправитель представил доказательства того, что все требования относительно сохранности и физической защиты перевозимых радиоактивных ядерных материалов выполнены.

109.1. См. пункты 506 и 507.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ I

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERTRAN: A System for Assessing the Impact from Transporting Radioactive Material, IAEA-TEC-DOC-287, IAEA, Vienna (1983).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел II

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

A_1 и A_2

201.1. См. Приложение I.

Утверждение (Approval)

204.1. Требования по утверждению в Правилах ранжированы в соответствии со степенью опасности перевозимых радиоактивных материалов. Утверждение предусматривается для получения гарантий того, что конструкция отвечает соответствующим требованиям и что требуемые меры контроля безопасности адекватны условиям страны и перевозки. Так как транспортные операции и условия перевозки отличаются для различных стран, подход, использующий «многостороннее утверждение», обеспечивает возможность для каждого компетентного регулирующего органа удостовериться, что перевозка будет производиться должным образом, с учетом всех особенностей национальных условий.

204.2. Концепция многостороннего утверждения применяется для перевозок, где возникает такая задача. Это означает, что к утверждению привлекаются только те компетентные органы, юрисдикции которых непосредственно касается конкретная перевозка. Незапланированные отклонения, которые возникают в процессе перевозки и которые приводят к необходимости въезда в страну, где такая перевозка не была предварительно утверждена, при возникновении потребуют индивидуального подхода. По этой причине определение многостороннего утверждения ограничено странами «через территорию которых, или на территории которых транспортируется груз», и исключает страны, над территорией которых перевозка осуществляется воздушным путем. Страны, через которые перевозка осуществляется воздушным путем, часто не известны до тех пор, пока самолет не поднимется в воздух и не получит разрешение на полет. В том случае, если запланирована посадка самолета в стране, концепция многостороннего утверждения предусматривает утверждение перевозки компетентным органом данной страны.

204.3. Пользователи Правил должны быть осведомлены о том, что государство-член МАГАТЭ, в соответствии с национальными правилами, может потребовать получения дополнительного утверждения со стороны

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

своего компетентного органа для любого радиоактивного материала особого вида, упаковки типа B(U) и типа C, которая должна использоваться для перевозки по ее территории, даже в том случае, если конструкция уже была утверждена в другой стране.

205.1. Полагается, что для одностороннего утверждения Правила учитывают условия перевозки, которые могут встретиться в любой стране. Соответственно, требуется только утверждение компетентным органом страны происхождения конструкции.

Перевозчик (Carrier)

206.1. Термин «лицо» включает в себя, как юридическое, так и физическое лицо (См. также Основные нормы безопасности (BSS) [1], пункты 2.10÷2.14).

Компетентный орган (Competent authority)

207.1. Компетентный орган – это организация, определенная законодательным или исполнительным органом действовать от имени страны, или международный орган по вопросам, связанным с перевозками радиоактивных материалов. Законодательством каждой страны определяется, каким образом назначается национальный компетентный орган, и как определяется его ответственность в обеспечении применения Правил. В некоторых случаях компетенция по различным аспектам Правил делегируется различным агентствам в зависимости от вида транспорта (воздушный, автодорожный, железнодорожный, морской или по внутренним водам) или в зависимости от типа упаковки и типа радиоактивного материала (освобожденная или промышленная упаковка, упаковки типа A, типа B, типа C, радиоактивные материалы особого вида, радиоактивные материалы с низкой способностью к рассеянию, делящиеся материалы или гексафторид урана). В некоторых случаях национальный компетентный орган может делегировать утверждение конструкции упаковки или определенных типов перевозки другим организациям, имеющим необходимую техническую компетентность. В состав национальных компетентных органов также входят компетентные органы, имеющие отношение к любым конвенциям или соглашениям по перевозке радиоактивных материалов, которые данная страна поддерживает.

207.2. Компетентному органу следует осведомлять грузоотправителей, перевозчиков, грузополучателей и общественность о себе и возможностях

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

связи с собой. Это может быть сделано путем публикации своей организационной формы (пункт, министерство, управление, служба и т.п.) с описанием обязанностей и деятельности организации о которой идет речь, а также подробных почтовых адресов, номеров телефонов, факсов, адресов электронной почты и т.д.

207.3. Первичным источником идентификации компетентных органов является Перечень национальных компетентных органов ответственных за утверждение и разрешение перевозки радиоактивных материалов, который ежегодно публикуется МАГАТЭ и может быть получен по запросу. Каждой стране следует обеспечивать своевременность и точность представленной в Перечне информации. МАГАТЭ запрашивает подтверждение этой информации ежегодно, и своевременные ответы государств-членов МАГАТЭ обеспечат актуальность этого перечня.

Обеспечение соблюдения Правил (Compliance assurance)

208.1. См. пункты 311.1–311.9.

Система локализации (Confinement system)

209.1. Системой локализации должна быть та часть упаковки, которая необходима для сохранения той конфигурации делящихся материалов, которая была принята при оценке безопасности по критичности отдельной упаковки (см. пункт 678). Система локализации может быть в виде (1) внутренней емкости с определенными размерами, (2) внутренней конструкции, сохраняющей внешние размеры топливной сборки и внутренних встроенных поглотителей нейтронов, (3) всей упаковки, такой как упаковка с облученным топливом без какого-либо внутреннего контейнера. Система локализации состоит из определенных компонентов упаковки и содержимого упаковки. Несмотря на то, что система локализации может иметь те же границы, что и система защитной оболочки (система герметизации), это не всегда одно и то же, так как система локализации обеспечивает контроль по критичности, в то время как система герметизации предотвращает утечку радиоактивных материалов. Каждый компетентный орган должен подтвердить, что система локализации, определенная при оценке безопасности по критичности, соответствует конструкции упаковки, как в поврежденной, так и в неповрежденной конфигурации (см. пункт 678).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Система защитной оболочки (Система герметизации)
(Containment system)

213.1. Система герметизации может представлять собой всю упаковку, однако чаще это лишь часть упаковки. Например, для упаковки типа «А» система герметизации может быть в виде емкости с радиоактивным содержимым. Емкость, образующий ее свинцовый защитный горшок и картонный ящик составляют упаковочный комплект. Система герметизации не обязательно включает в себя защиту. В случае радиоактивных материалов особого вида и радиоактивных материалов с низкой способностью к рассеянию, такой радиоактивный материал сам может быть частью системы герметизации (см. пункт 640).

213.2. Требования к герметичности системы защитной оболочки для упаковок типа B(U), B(M), C зависят от радиотоксичности радиоактивного содержимого; например упаковки типа B(U), или типа C в аварийных условиях должны иметь выход радиоактивности, ограниченный значением A_2 в неделю. Эта привязанность к величине A_2 означает, что для самых высокотоксичных радионуклидов, таких как плутоний и америций, объемная скорость утечки должна быть значительно ниже, чем для низко обогащенного урана. Однако, если делящийся материал способен выйти из системы герметизации в условиях аварии, то должно быть продемонстрировано, что вышедшее количество соответствует тем значениям, которые принимались при оценке безопасности по критичности (см. пункт 628 с).

Радиоактивное загрязнение (Contamination)

214.1. Радиоактивные загрязнения включают в себя два типа радиоактивных материалов, распределенных на поверхности или внедренных в поверхность, а именно, фиксированные и нефиксированные загрязнения. Принципиальных различий между фиксированными и нефиксированными загрязнениями не существует, и, чтобы их различать использовались различные условия. Для практических целей делают различия между загрязнениями, которые в обычных условиях перевозки остаются связанными (т.е. фиксированное загрязнение) и, таким образом, не могут увеличить опасность вследствие попадания внутрь организма, пероральным, ингаляционным путем или в результате рассеивания, и нефиксированными загрязнениями, которые могут быть источником такой опасности. Фиксированные загрязнения представляют собой опасность только в связи с внешним облучением, в то время как нефиксированные

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

загрязнения обладают потенциальной опасностью как внутреннего облучения ингаляционным или пероральным путем, так и внешнего облучения при загрязнении кожи, если такое загрязнение выходит с поверхности. В аварийных условиях и при определенных условиях эксплуатации, таких как некоторые погодные условия, например, выветривание, фиксированные загрязнения могут стать нефиксированными.

214.2. Загрязнения ниже уровней 0.4 Бк/см^2 для бета- и гамма-излучателей и альфа-излучателей низкой токсичности, а также других альфа-излучателей с уровнем загрязнения ниже 0.04 Бк/см^2 (см. также пункт 508) могут привести только к незначительному облучению указанными путями.

214.3. Любые поверхности с уровнем загрязнения менее, чем 0.4 Бк/см^2 для бета- и гамма-излучателей и альфа-излучателей низкой токсичности или менее, чем 0.04 Бк/см^2 для всех других альфа-излучателей в соответствии с Правилами считаются незагрязненными поверхностями. Например, нерадиоактивный твердый предмет с уровнем загрязнения поверхности ниже упомянутых выше значений будет вне сферы действия Правил, и к его перевозке не предъявляется никаких требований.

215.1. См. пункты 214.1–214.3.

216.1. См. пункты 214.1–214.3.

Индекс безопасности по критичности (Criticality safety index)

218.1. Индекс безопасности по критичности (ИБК) является новым термином, впервые введенным в издании Правил 1996 года. В изданиях Правил 1975 и 1985 годов использовался термин «транспортный индекс», как для радиационного контроля, так и для контроля безопасности по критичности упаковок, содержащих делящиеся материалы. В этих изданиях Правил транспортный индекс определялся как единое число, применяемое одновременно при рассмотрении вопросов радиационной безопасности и безопасности по критичности. Так как, средства эксплуатационного контроля, необходимые для радиационной защиты и безопасности по критичности существенно независимы, то настоящее издание Правил отделило ИБК от ТИ, который теперь определяется только из целей радиологического контроля (см. пункт 243). Такое разделение на два индекса дает ясное понимание основы эксплуатационного контроля упаковок с делящимися материалами и

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

исключает потенциальные ненужные ограничения, вызванные использованием одного индекса. Однако при таком новом контроле необходимо быть осторожным, чтобы не спутать «новый ТИ» и «старый ТИ», используемый в предыдущем издании Правил. Осведомленность относительно этих изменений необходима для того, чтобы обеспечить правильное использование этикеток для безопасности по критичности (см. пункт 544 и 545) и контроля критичности упаковок, транспортных пакетов и грузовых контейнеров, содержащих делящиеся материалы, используя вновь введенный ИБК.

218.2. ИБК представляет собой число, используемое для контроля безопасности по критичности, при перевозке делящихся материалов и получаемое путем деления числа 50 на число N (см. пункт 528). Накопление упаковок, содержащих делящиеся материалы, требует осуществления контроля над отдельными грузами, транспортными средствами, грузовыми контейнерами и транспортными пакетами (см. пункты 566(d), 567) и при транзитном хранении (см. пункты 568, 569). Для осуществления такого контроля необходимо, чтобы ИБК был указан на этикетке (см. пункты 544 и 545), которая специально предусмотрена для индикации наличия делящихся материалов в упаковках, транспортных пакетах и грузовых контейнерах, содержимое которых состоит из делящихся материалов, не освобожденных из сферы действия требований согласно пункту 672.

Исключительное использование (Exclusive use)

221.1. Специфика «исключительного использования», согласно определению состоит, во-первых, в том, что перевозку должен осуществлять один грузоотправитель, который, посредством достигнутых договоренностей с перевозчиком, должен иметь право на единоличное использование транспортного средства или большого грузового контейнера, и, во-вторых, все начальные, промежуточные и конечные погрузочные и разгрузочные операции в отношении груза проводятся в строгом соответствии с указаниями грузоотправителя или грузополучателя.

221.2. Так как, обычно в рамках исключительного использования не имеет места транзитных операций с грузом, некоторые из требований, применяемых к обычным перевозкам, могут быть ослаблены. Ввиду дополнительного контроля, который практикуется для партий груза при исключительном использовании, к ним следует применять особые положения, которые разрешают:

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

— Использование промышленных упаковок пониженной прочности для материалов с низкой удельной активностью (НУА);
— Перевозку упаковок, уровень излучения на поверхности которых превышает 2 мЗв/час (но не более 10 мЗв/час), либо ТИ которых превышает 10;
— В ряде случаев – увеличение в два раза общего числа индекса безопасности по критичности для упаковок с делящимися материалами.

Многие грузоотправители находят целесообразным добиться необходимой договоренности с перевозчиком для выполнения перевозки в условиях исключительного использования, с тем, чтобы грузоотправитель мог воспользоваться одним или несколькими из указанных выше положений.

221.3. Для случаев с упакованными материалами с низкой удельной активностью (НУА) Правила принимают во внимание контролируемые условия погрузки и разгрузки, которые имеют место перевозке в условиях исключительного использования. Дополнительные меры контроля, применяемые при исключительном использовании, должны выполняться в соответствии с инструкциями, подготовленными грузоотправителем или грузополучателем, или (оба имеют полную информацию о грузе и о его потенциальной опасности), позволяющими некоторое ослабление прочности упаковки. Так как неконтролируемое обращение с упаковками не имеет места в случаях исключительного использования, консерватизм, который налагается в требованиях к обращению с обычными упаковками с материалами с низкой удельной активностью, снижен, однако эквивалентные уровни безопасности поддерживаются.

221.4. Упаковки, с которыми возможно обращение в ходе перевозки, должны обязательно иметь допустимые уровни излучения, ограниченные для того, чтобы защитить работников, выполняющих операции с ними. Применение условий исключительного использования и контроль над обращением с упаковками в ходе перевозки, помогают обеспечить уверенность, в том, что предприняты необходимые меры радиационной защиты. За счет введения ограничений и пределов для допустимых уровней излучения вокруг транспортного средства допустимый уровень излучения для упаковки может быть увеличен без существенного увеличения риска.

221.5. Так как в случае исключительного использования меры контроля эффективно предотвращают несанкционированное добавление

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

радиоактивных материалов к партии груза и обеспечивают высокий уровень контроля за грузом со стороны грузоотправителя, в Правилах были сделаны некоторые послабления, чтобы разрешить повышенное количество упаковок с делящимися материалами по сравнению с обычными грузами.

221.6. Для исключительного использования транспортного средства или большого грузового контейнера определяющими факторами являются требование единоличного использования и требование единоличного контроля. Несмотря на то, что транспортное средство может быть использовано для перевозки только радиоактивных материалов, это не может быть автоматически квалифицировано, как исключительное использование. Чтобы соответствовать определению исключительного использования вся партия груза должна исходить от одного или контролироваться одним грузоотправителем. Такой подход исключает практику накопления перевозчиком грузов от разных грузоотправителей на одном транспортном средстве. Даже в случае объединения перевозчиком многочисленных грузов на одном транспортном средстве, это не будет исключительным использованием, так как вовлечен более чем один грузоотправитель. Однако это не препятствует должным образом квалифицированному перевозчику или грузополучателю, который объединяет перевозки более чем от одного источника, принять на себя ответственность грузоотправителя этих перевозок и быть назначенным таковым.

Делящийся материал (Fissile material)

222.1. Цепочка деления поддерживается нейтронами. Так как цепная реакция зависит от поведения нейтронов, делящиеся материалы упаковываются и транспортируются в соответствии с требованиями, назначение которых обеспечивать подкритичность, и таким образом, обеспечивать безопасность по критичности при перевозке. В Правилах термин «делящиеся материалы» время от времени используется то по отношению к делящимся радионуклидам, то по отношению к материалам, содержащим такие радионуклиды. Пользователи Правил должны быть внимательны по отношению к контексту, в котором используется термин «делящиеся материалы».

222.2. В большинстве случаев радионуклиды способны к делению, но многие из них делятся с трудом и только при наличии специального оборудования и особых условий. Отличительной особенностью делящихся

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

нуклидов, вытекающей из их определения, является то, что они способны к самоподдерживающейся реакции деления под воздействием тепловых нейтронов (энергия нейтронов менее ~ 0,3 эВ) при условии накопления достаточной массы. Никаких других специальных действий, механизмов или условий не требуется. Например, Pu-238 не причисляется более к ним, потому, что хотя он и способен поддерживать цепную реакцию деления на быстрых нейтронах в специальных лабораторных условиях, в той форме, в которой он транспортируется, он не обладает такими свойствами. Плутоний-238 ни при каких обстоятельствах не может поддерживать цепную реакцию деления на тепловых нейтронах. Таким образом, он скорее «делимый», чем «делящийся».

222.3. Как отмечено в предыдущем пункте, основной принцип, использованный в Правилах при выборе нуклидов, определенных, как делящийся материал, основан на легком аккумулировании достаточной массы для потенциальной критичности. Другие актиниды, имеющие возможность создать критичность, обсуждаются в ANSI/ANS-8.15-1981 [2], где представлены предельные подкритические массы для изолированных Np-237, Pu-238, Pu-240, Pu-242, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-243, Cm-244, Cm-245, Cm-247, Cf-249 и Cf-251. Предсказанные предельные значения подкритических масс находятся в диапазоне от нескольких грамм для Cf-251 до десятков килограмм. Отсутствие результатов критических экспериментов ограничивает знания о поведении этих нуклидов в условиях различных замедлителей и отражателей. Неопределенность данных по сечениям для многих из этих нуклидов требует, чтобы достаточное внимание (и соответствующий запас подкритичности) были обеспечены в рамках тех операций, где может участвовать достаточное количество этих нуклидов (или оно может быть получено при распаде до или в процессе перевозки). Рекомендации компетентного органа относительно необходимости и средств выполнения оценки безопасности по критичности можно найти в требованиях, изложенных в пунктах 671-682 для случаев, когда могут перевозиться значительные количества этих материалов.

Грузовой контейнер (Freight container)

223.1. Методы и системы, используемые для перевозок товаров, претерпели изменения примерно с 1965; грузовые контейнеры в значительной степени заместили мелкие отправки или генеральные грузы, которые когда-то загружались индивидуально. Упакованные и неупакованные товары загружаются грузоотправителем в грузовые контейнеры, и перевозка грузополучателю производится без промежуточного

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

обслуживания. Таким образом, риск повреждения упаковки снижается, а неупакованные товары объединяются в удобные для обслуживания единицы, что приводит к экономии транспортных расходов. В случае больших изделий, таких как загрязненные части оборудования атомных станций, грузовой контейнер может выполнять функцию упаковочного комплекта, как это разрешено в пункте 627.

223.2. Грузовые контейнеры обычно проектируются и испытываются в соответствии со стандартами Международной Организации по Стандартизации (ИСО) [3]. Для осуществления международных транспортных операций их следует согласовывать и обслуживать в соответствии с Международной конвенцией о безопасных контейнерах (КСК) [4]. Если используются другие грузовые контейнеры, следует получать консультацию компетентного органа. Следует отметить, что тестирование, предписанное в КСК, не совпадает с испытанием, описанным в стандарте ИСО 1496/1. По этой причине Правила требуют, чтобы стандартом для конструкции был стандарт ИСО.

223.3. Кроме того, специальные правила могут быть определены транспортными организациями по различным видам транспорта. Например, Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МК МПОГ) [5] содержит положения для морской перевозки опасных грузов, включая радиоактивные материалы.

Радиоактивные материалы с низкой способностью к рассеянию (Low dispersible radioactive material)

225.1. Концепция радиоактивных материалов с низкой способностью к рассеянию применяется только для установления исключений из требований к упаковкам типа С при перевозках воздушным транспортом.

225.2. Радиоактивные материалы с низкой способностью к рассеянию обладают такими свойствами, что они не могут привести к существенному потенциальному выходу радиоактивности или облучению. Даже когда такие материалы подвергаются удару на высокой скорости или тепловому воздействию, только очень незначительная часть материала может перейти в воздух. Потенциальное облучение от вдыхания распыленных материалов лицами вблизи места аварии будет весьма ограниченным.

225.3. Критерии для радиоактивных материалов с низкой способностью к рассеянию разработаны в соответствии с другими критериями

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

безопасности, установленными в Правилах, и на основе представленных методов демонстрации приемлемых радиологических последствий. Правила требуют, чтобы характеристики материалов с низкой способностью к рассеянию были продемонстрированы без учета свойства упаковочного комплекта типа B, в котором они перевозятся.

225.4. Радиоактивным материалом с низкой способностью к рассеянию может быть радиоактивный материал сам по себе, в твердой не рассеиваемой форме, либо высокопрочная герметичная капсула, содержащая радиоактивный материал, ведущий себя по сути как не рассеиваемое твердое тело. Порошки и порошкообразные материалы не могут быть квалифицированы, как материалы с низкой способностью к рассеянию.

Материал с низкой удельной активностью (Low specific activity material)

226.1. Причиной для введения категории материалов с низкой удельной активностью (НУА) в Правила МАГАТЭ было существование определенных твердых материалов со столь низкой удельной активностью, что крайне маловероятно, чтобы при обстоятельствах, возникающих при перевозке, значительное количество этих материалов попало в тело человека, вызвав значительную радиационную опасность. Урановые и ториевые руды и их физические и химические концентраты представляют собой материалы, относящиеся к этой категории. Эта концепция была расширена, чтобы включить другие твердые материалы, на основе модели, которая предполагает крайне маловероятным нахождение человека в пыльной атмосфере столь долго, чтобы вдохнуть более чем 10 мг материала. Если удельная активность материала такова, что поглощенная масса эквивалентна поглощенной активности, предполагаемой для человека, вовлеченного в среднюю аварию с упаковкой типа A, а именно 10^{-6} A_2, то полагается, что этот материал при перевозке не будет представлять опасность больше, чем опасность при перевозке упаковки типа A. Это дает предельное значение 10^{-4} A_2/г для материалов с низкой удельной активностью.

226.2. Была учтена возможность перевозки твердых объектов без какого-либо упаковочного комплекта. Вопрос возникал относительно бетонных блоков (с активностью по всей массе), облученных объектов и объектов с фиксированным загрязнением. При условии, что удельная активность относительно низкая и остается внутри или фиксируется на поверхности объекта, с объектом можно иметь дело, как с упаковкой. С

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

целью обеспечения соответствия и безопасности, пределы излучения на поверхности неупакованных объектов не должны превышать пределы, установленные для упакованных объектов. Поэтому было установлено, что в случае превышения уровней излучения на поверхности упакованных материалов, допустимых для упаковок (2 мЗв/час для неисключительного использования и 10 мЗв/час для исключительного использования) объект должен быть упакован в промышленную упаковку, которая обеспечит защиту при обычной перевозке. Аналогичные аргументы использовались при установлении пределов для загрязненных поверхностей неупакованных объектов с поверхностным радиоактивным загрязнением (ОПРЗ).

226.3. Преамбула к определению материалов с низкой удельной активностью не содержит значения предельного уровня излучения для незащищенного материала 10 мЗв/час на расстоянии 3 м (см. пункт 521) потому, что это в значительно большей степени свойство количества материала, помещенного в отдельную упаковку, чем свойство самого материала (хотя в случае твердых объектов, которые не могут быть разделены, это свойство самого твердого объекта).

226.4. Преамбула также не содержит слов о равномерном распределении радионуклидов в материалах с низкой удельной активностью. Однако ясно установлено, что материал должен быть в такой форме, чтобы он мог характеризоваться величиной средней удельной активности. Относительно реальных материалов, перевозимых как НУА, было решено, что степень неравномерности должна варьироваться в зависимости от категории НУА. Таким образом, степень неравномерности распределения обязательно определяется для каждой категории НУА (см. например, пункт 226 (c)(i)).

226.5. Материал НУА-1 был введен в Правилах издания 1985 года для описания материалов с очень низкой удельной активностью. Такие материалы могут перевозиться неупакованными, либо могут быть упакованы в промышленные упаковки типа 1 (Тип IP-1), которые спроектированы в соответствии с минимальными требованиями (пункт 621). В соответствии с требованиями пункта 226 (a)(i), материалы НУА-1 не могут состоять из концентратов руд отличных от концентратов урана или тория (например, концентрат руды радия не может быть материалом НУА-1), если они не удовлетворяют требованиям пункта 226 (a)(iv). В Правилах издания 1996 года категория НУА-1 была пересмотрена для того, чтобы учесть:

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

— уточнение сферы применения Правил относительно руд, отличных от урановых и ториевых в соответствии с пунктом 107(e);
— исключение делящихся материалов в количествах, освобожденных от требований к упаковкам с делящимися материалами в соответствии с пунктом 672;
— введение новых уровней изъятия в соответствии с пунктом 236.

Определение НУА-1 было соответственно изменено, чтобы:

— включить только те руды, содержащие природные радионуклиды, которые предполагается перерабатывать для использования этих радионуклидов (пункт 226(a)(i));
— исключить делящиеся материалы в количествах, не подпадающих под освобождение согласно пункту 672 (пункт 226 (a)(iii));
— добавить радиоактивные материалы, в которых активность распределена в пределах до 30 раз превышающих уровень изъятия (пункт 226 (a)(iv)).

Материалы, содержащие радионуклиды с концентрациями выше, чем уровни изъятия, должны регулироваться. Разумно, чтобы материалы, с содержанием радионуклидов, не более чем в 30 раз превышающим уровень изъятия, могли быть освобождены от части транспортных правил и могли быть отнесены к категории материалов НУА-1. Коэффициент 30 был выбран, для того, чтобы учесть процедуру округления, использованную в Основных нормах безопасности [1] при определении уровней изъятия и дать разумную гарантию, того, что перевозка таких материалов не приведет к росту доз выше приемлемых.

226.6. Уран с обогащением до 20% и менее может транспортироваться как материал НУА-1 либо в упаковке типа IP-1, либо неупакованным в количествах, освобожденных от требований к упаковкам с делящимися материалами. Однако, количество материала, превышающее уровни освобождения (см. пункт 672), будет предметом применения требований к упаковкам, содержащим делящийся материал, исключая, таким образом, перевозку материалов неупакованными либо в упаковках, не утверждаемых компетентным .органом.

226.7. Материалы, предполагаемые к перевозке, в качестве НУА-II, могут включать ядерные отходы, такие как низко-активные смолы, отфильтрованные осадки, абсорбированные жидкости и другие подобные материалы от эксплуатации реактора, а также аналогичные материалы

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

от других операций топливного цикла. Кроме того, НУА-II могут включать в себя многие элементы активированного оборудования снятых с эксплуатации атомных станций. Так как материалы НУА-II могут поступать в организм человека после аварии, их предельная удельная активность основана на предполагаемом поглощении индивидуумом 10 мг. Так как очевидно, что материалы НУА-II распределены неравномерно (сцинтилляционные емкости, госпитальные и биологические отходы, отходы после снятия станции с эксплуатации), их допустимая удельная активность существенно ниже, чем установленная для НУА-III. В двадцать раз более низкая разрешенная удельная активность по сравнению с предельным значением для НУА-III компенсирует эффекты локальной концентрации для неравномерно распределенных материалов.

226.8. В то время как некоторые материалы, считающиеся пригодными для включения в категорию НУА-III, могут быть отнесены к равномерно распределенным материалам (такие, как концентрированные жидкости в бетонной матрице), другие материалы, такие как отвержденные смолы и кассетные фильтры, распределены в матрице, но не столь равномерно. Отверждение этих материалов в монолитное твердое тело, нерастворимое в воде и невоспламеняемое, делает крайне маловероятным попадание какой-либо существенной их части в организм человека. Рекомендуемые нормы преследуют цель регламентировать меньшую степень равномерности распределения активности.

226.9. Положения для НУА-III, предназначены главным образом для охвата определенных грузов с радиоактивными отходами, имеющими среднюю удельную активность выше предела 10^{-4} A_2/г, установленного для материалов НУА-II. Более высокий предел удельной активности 2 г 10^{-3} A_2/г для материалов НУА-III обосновывается следующим:

— ограничением таких материалов твердыми материалами в недисперсной форме, следовательно, поэтому полностью исключены порошки, а также жидкости или растворы;
— необходимостью в испытании на выщелачивание, чтобы обосновать достаточную нерастворимость таких материалов в случае воздействия таких природных условий, как ливень (см. пункт. 601.2);
— более высоким уровнем требований к промышленным упаковкам типа 3 (IP-3) в условиях неисключительного использования, который представляет собой то же, что и требования для упаковок типа А для твердых материалов; в случае промышленной упаковки типа 2 (IP-2) (пункт 524) отсутствие испытания на опрыскивание водой и

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

испытания на глубину разрушения компенсируется испытанием на выщелачивание и эксплуатационным контролем при исключительном использовании, соответственно.

226.10. Предел удельной активности для жидкостей НУА-II 10^{-5} A_2/г, являющийся в 10 раз более строгим ограничением, чем для твердых материалов, принимает во внимание возможность увеличения концентрации жидкости при перевозке.

226.11. Твердый компактный связующий материал, такой, как бетон, битум и т.д., который перемешан с материалом НУА, не может рассматриваться в качестве внешней защиты материала НУА. Этот материал может снизить уровень поверхностного излучения и может быть принят во внимание при определении средней удельной активности. Однако если радиоактивный материал окружен внешней защитой из материала, который сам не является радиоактивным, как это показано на рис. 1., то он не должен приниматься во внимание при определении удельной активности материала НУА.

226.12. Для твердых материалов НУА-II, и для материалов НУА-III, не связанных твердым компактным агентом, в соответствии с Правилами требуется, чтобы активность была распределена по всему материалу. Это

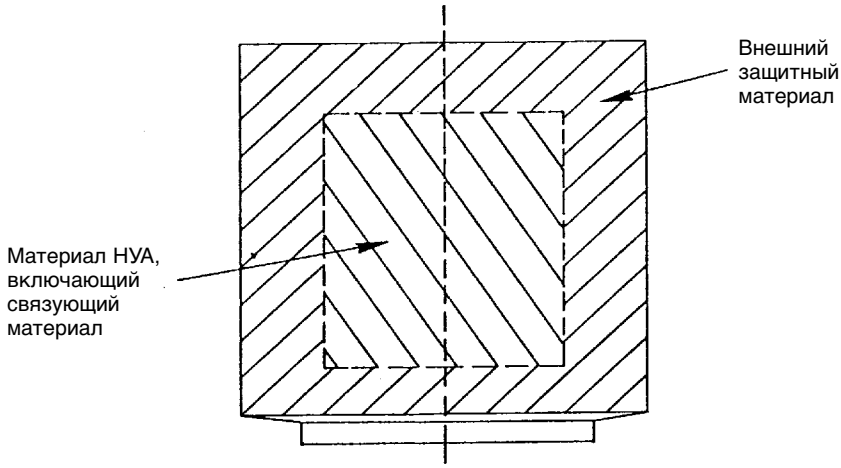


РИС.1 Материал с низкой удельной активностью, окруженный цилиндрическим объемом нерадиоактивного защитного материала

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

положение Правил не определяет требования к тому, как должна быть распределена активность. Однако, важно признать, что концепция ограничения оцененной удельной активности теряет смысл для случая, когда активность определенно локализована в малой доле большого объема.

226.13. Целесообразно предусмотреть метод, с помощью которого можно судить о значимости оцененной средней активности по тому, как она была определена. Существует несколько методов, которые могут оказаться пригодными для этой конкретной цели.

226.14. Простой метод оценки средней активности состоит в делении объема, занятого материалом НУА, на определенные части, чтобы затем оценить и сравнить удельную активность каждой из этих частей. Предложено, чтобы различие значений удельной активности частей менее чем в 10 раз считалось допустимым.

226.15. Должно быть принято решение о выборе размера частей, которые нужны для оценки. Метод, представленный в пункте 226.14, не следует использовать для объемов менее чем 0,2 $м^3$. Для объемов между 0,2 $м^3$ и 1.0 $м^3$, объем должен быть разделен на пять, а для объема больше, чем 1,0 $м^3$ на десять частей приблизительно эквивалентного размера.

226.16. Для материалов НУА-III, состоящих из радиоактивного материала связанного компактным твердым агентом, требование состоит в том, чтобы они были равномерно распределены в этом агенте. Так как требование «в основном равномерно распределены» для материалов НУА-III является качественным, следует установить методы, с помощью которых можно оценить соответствие требованиям.

226.17 Следующий метод приводится, как пример для материалов НУА-III, у которых имеет место в основном равномерное распределение в компактном твердом связывающем агенте. В соответствии с этим методом, объем НУА вместе со связывающим агентом должен быть поделен на несколько частей. Для объема больше, чем 0.1 $м^3$, должно быть выбрано, по крайней мере, 10 частей. Затем следует оценить удельную активность каждой части (используя измерения, расчеты или комбинацию этих методов). Различие удельной активности между частями не должно вызывать беспокойства, если значения отличаются не более чем в три раза. Коэффициент 3 в этом методе гораздо более ограничителен, чем коэффициент 10, предложенный в пункте 226.14,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

поскольку требование «в основном равномерно распределен» в отношении материалов НУА-III по своему замыслу должно быть более ограничивающим чем требование «распределен по всему объему».

226.18. Как следствие определения материала НУА, сформулированы дополнительные требования для:

a) количества материала НУА в одной упаковке по отношению к уровню внешнего излучения незащищенного материала (смотри пункт 521); и
b) общей активности материала НУА на любом транспортном средстве (смотри пункт 525 и Таблицу V).

Оба требования могут оказаться более строгими, чем основные требования, приведенные в пункте 226 для материала НУА. Это можно увидеть из следующего теоретического примера: если принято, что емкость 200 л заполнена твердым горючим материалом со средней удельной активностью $2 \times 10^{-3} A_2$/г, то полагается, что этот материал может перевозиться как НУА-III. Тем не менее, например, если плотность материала составляет 1г/см^3, общая активность в баке будет $400 A_2$ [$(2 \times 10^{-3} A_2$/г) (1г/см^3) (2×10^5см^3) = 400 A_2], и перевозка материала в качестве НУА-III должна быть запрещена из-за предела 10 A_2, установленного для внутренних водных путей, и 100 A_2 для других видов транспорта (смотри Таблицу V Правил). См. также пункт 525.2.

226.19. Объекты, которые активированы, или другим образом являются радиоактивными и загрязнены, не могут рассматриваться, как объекты с поверхностным радиоактивным загрязнением (ОПРЗ) (см. пункт 241.5). Однако такие объекты могут быть квалифицированы, как материалы НУА, поскольку объекты, имеющие распределенную активность внутри и загрязнение на поверхности, могут считаться отвечающими требованию о распределении активности по всему объему. Чтобы квалифицировать такие материалы, как НУА следует установить для них предел средней удельной активности, которому они должны удовлетворять. При оценке средней удельной активности таких материалов должна приниматься во внимание вся активность, связанная с этим объектом, как распределенная внутри, так и находящаяся на загрязненной поверхности. По применимости дополнительные требования, применимые к НУА, также должны удовлетворяться.

226.20. Уплотнение материала не должно изменять его классификацию. Чтобы это обеспечить, масса любого контейнера, уплотняемого вместе с

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

материалом, не должна приниматься во внимание при определении средней удельной активности уплотненного материала.

226.21. Смотри также Приложение 1.

Альфа-излучатели низкой токсичноти (Low toxicity alpha emitters)

227.1. Определение альфа-излучателей низкой токсичности основано на удельной активности радионуклида (или радионуклида в состоянии, в котором он перевозится). Для нуклидов с очень низкой удельной активностью нерезонно, из-за их объема, ожидать, что их попадание в организм приведет к дозам облучения, приближающимся к предельным. Такие нуклиды, как U-235, U-238 и Th-232 имеют удельную активность на 4 – 8 порядков ниже, чем Pu-238 или Pu-239 (4×10^3 – 8×10^4 Бк/г по сравнению с 2×10^9 – 6×10^{11} Бк/г). Хотя Th-228 и Th-230 имеют удельную активность, сравнимую по величине с Pu-238 и Pu-239, разрешается их относить к «альфа-излучателям низкой токсичности», только когда они содержатся в рудах и физических и химических концентратах, что само по себе обеспечивает требуемую низкую концентрацию активности.

Максимальное нормальаное рабочее давление (Maximum normal operating pressure)

228.1. Максимальное нормальное рабочее давление (МНРД) представляет собой разность между максимальным внутренним давлением системы герметизации и средним атмосферным давлением на уровне моря для условий, которые определены ниже.

228.2. Условия, внешней среды, которые следует использовать для определения МНРД упаковки, определены в пунктах 653 и 654 или, для случая воздушного транспорта, в пункте 618. Другие условия, которые нужно учитывать при определении МНРД, состоят в том, что упаковка предполагается необслуживаемой в течение одного года, и она подвергается воздействию максимальных внутренних тепловых нагрузок.

228.3. Период длительностью в один год превышает предполагаемое время перевозки упаковки, содержащей радиоактивный материал; обеспечивая тем самым существенный запас безопасности для проведения транспортных операций, даже в случае потери упаковки при перевозке. Длительность в один год является произвольной, но такой период был согласован, как верхний предел для времени, в течение

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

которого упаковка может оставаться необслуживаемой при транзите. Поскольку принято, что упаковка не обслуживается в течение одного года, следует принимать во внимание все химические и физические изменения с упаковкой или с ее содержимым, которые являются изменяющимися по своей природе и могут привести к существенному повышению внутреннего давления в системе герметизации. Среди изменяющихся условий, которые должны приниматься во внимание, следует учитывать изменение в способности рассеивания тепла, газообразование вследствие радиолиза, коррозию, химические реакции, выход газа из-под оболочек топлива, или других капсульных элементов в систему герметизации. Некоторые изменяющиеся условия могут приводить к снижению МНРД. Например, снижение давления вследствие уменьшения выделения тепла благодаря радиоактивному распаду содержимого. Такие условия могут приниматься во внимание, в случае их адекватного обоснования.

Транспортный пакет (Overpack)

229.1. Перевозка груза от одного грузоотправителя до одного грузополучателя может быть облегчена помещением различных упаковок или единственной упаковки, каждая из которых полностью соответствует требованиям Правил, в один транспортный пакет. Нет необходимости в специальных требованиях к конструкции, испытаниям или утверждению для транспортного пакета, поскольку не он, а упаковочный комплект выполняет защитную функцию. Однако следует принимать во внимание взаимодействие между транспортным пакетом и упаковками, особенно в отношении теплового режима упаковок в обычных и нормальных условиях перевозки.

229.2. Жесткое огораживание или объединение упаковок для удобства обращения, так чтобы этикетки на каждой упаковке оставались видимыми, рассматривать в качестве транспортного пакета не следует, если только грузоотправитель не определяет ТИ такого транспортного пакета путем прямого измерения уровня излучения.

Упаковка (Package)

230.1. Термины упаковка и упаковочный комплект используются, чтобы различать совокупность компонентов для размещения радиоактивного материала (упаковочный комплект) от этой совокупности компонентов плюс радиоактивное содержимое (упаковка).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

230.2. Упаковка представляет собой упаковочный комплект вместе с радиоактивным содержимым, в том виде, как они должны быть представлены для перевозки. Для целей конструкции и для обеспечения соответствия требованиям упаковка может частично или полностью включать оборудование, необходимое для обращения с упаковкой или ее крепления, которое постоянно прикреплено к упаковке или входит в ее конструкцию.

230.3. Чтобы определить, какие конструктивные элементы следует считать частью упаковки, необходимо определить их использование и назначение при перевозке. Если упаковка может перевозиться только при наличии этого конструктивного элемента, то разумно предположить его частью упаковки. Это не означает, что трейлер или транспортное средство следует считать частью упаковки.

230.4. Поскольку упаковка может перевозиться как при наличии, так и в отсутствие определенного оборудования, может возникнуть ситуация, когда пригодность упаковочного комплекта и его соответствие правилам потребуется оценить для обеих ситуаций.

230.5. В случае, когда определенное оборудование прикрепляется в процессе перевозки для обслуживания, может потребоваться анализ влияния этого оборудования в нормальных и в аварийных условиях перевозки. Для упаковок типа B(U), типа B(M), типа C спроектированных для перевозки делящихся материалов, разработчик должен достичь согласования Компетентного органа для сертификации.

230.6. Резервуар, грузовой контейнер или контейнер средней грузоподъемности для массовых грузов с радиоактивным содержимым могут быть использованы как один из типов упаковки в соответствии с Правилами при условии, что они соответствуют требованиям в части конструкции, испытаний и утверждения для этого типа упаковки. В качестве альтернативы резервуар, грузовой контейнер или контейнер средней грузоподъемности для массовых грузов с радиоактивным содержимым могут быть использованы как промышленная упаковка типа IP-2 или типа IP-3, если они отвечают требованиям к упаковкам типа IP-1, а также другим требованиям, которые особо указаны в пунктах 625-628 Правил.

Упаковочный комплект (Packaging)

231.1. См. пункты 230.1 и 230.2.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Уровень излучения (Radiation level)

233.1. Одной из ограничивающих количественных характеристик в радиологической защите от облучения людей является эффективная доза (другими характеристиками являются эквивалентные дозы на хрусталик глаза и на кожу (см. например, раздел II-8 в работе [1])). Так как эффективная доза не является непосредственно измеряемой величиной, то следовало создать характеристики, которые были бы измеряемыми. Этими характеристиками являются «эквивалент внешней (амбиентной) дозы» для жесткого проникающего излучения и «эквивалент направленной дозы» для слабо проникающего излучения. Уровень излучения следует принимать, в зависимости от обстоятельств, как значение «эквивалента внешней дозы», либо «эквивалента направленной дозы».

233.2. В некоторых случаях следует рассматривать возможность увеличения уровня излучения за счет накопления дочерних радионуклидов в ходе перевозки. В таких случаях, максимальное значение уровня излучения, предполагаемое при перевозке, следует откорректировать.

233.3. В смешанных гамма и нейтронных полях может возникнуть необходимость выполнения раздельных измерений. Следует обеспечить выбор аппаратуры, подходящей для мониторинга излучаемой энергии, а также удостовериться в том, что срок поверки приборов еще не истек. Следует принимать во внимание неопределенности, связанные с калибровкой приборов, при проведении, как начальных, так и контрольных измерений.

233.4. Для нейтронных дозиметров очень часто существует явная зависимость показания прибора от уровня энергии нейтронов. Спектральное распределение нейтронов, которое использовалось для калибровки прибора и спектральное распределение нейтронов, которое нужно измерять, могут существенно повлиять на точность определения дозы. Если зависимость показания прибора от энергии и спектральное распределение нейтронов, которое нужно измерять, известны, то следует использовать соответствующий корректирующий коэффициент.

233.5. Правила требуют, чтобы на поверхностях упаковок и транспортных пакетов не превышались установленные уровни излучения. В большинстве случаев измерение, выполняемое с помощью ручного прибора, удерживаемого на поверхности упаковки, определяет значения на некотором расстоянии от поверхности из-за размеров самого детектора.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Для измерения уровня излучения следует, по возможности, использовать прибор, размеры которого малы по сравнению с размерами упаковки или транспортного пакета. Относительно большие, по сравнению с размерами упаковки, приборы не следует использовать для измерения, так как они могут привести к занижению измеренных значений уровня излучения. Там, где расстояние от источника до измерительного прибора велико по сравнению с объемом детектора (например, в 5 раз больше) влияние размера детектора незначительно и им можно пренебречь; в противном случае следует использовать величины, приведенные в таблице I для корректировки измеренных значений. Для радиографических устройств, где расстояние от источника до поверхности сохраняется минимальным этим эффектом пренебречь нельзя и следует делать поправку на объем детектора.

233.6. При мониторинге оребрённых контейнеров или других транспортных упаковок, следует уделить внимание возможности пересечения узких пучков излучения. Измеритель мощности дозы излучения с площадью поверхности детектора значительно большей, чем поперечная площадь пучка, который должен быть измерен, будет давать пропорционально сниженное значение мощности дозы вследствие

ТАБЛИЦА I. ПОПРАВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ НА РАЗМЕРЫ УПАКОВКИ И ДЕТЕКТОРА

Расстояние между центром детектора и поверхностью (cm) упаковки (см)	Половинный линейный размер упаковки (см)	Поправочный коэффициент[a]
1	>10	1,0
2	10–20	1,4
	>20	1,0
5	10–20	2,3
	20–50	1,6
	>50	1,0
10	10–20	4,0
	20–50	2,3
	50–100	1,4
	>100	1,0

[a] Показание прибора следует умножить на поправочный коэффициент чтобы получить действительное значение уровня излучения на поверхности упаковки.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

усреднения по много большей площади детектора. Следует выбирать прибор, подходящий для такой работы.

Радиоактивный материал (Radioactive material)

236.1. В предшествующих изданиях Правил, единственной величиной, которая использовалась в качестве уровня изъятия при определении радиоактивного материала для целей перевозки, было значение удельной активности 70 Бк/г. Следуя публикации Основных норм безопасности (BSS) [1], было признано, что эта величина не имела под собой радиологической основы. Поэтому для установления величины уровня изъятия в зависимости от вида радионуклида для целей перевозки (см. пункт 401.3) были использованы критерии радиационной защиты, определенные в BSS.

Перевозка (Shipment)

237.1. В контексте транспортирования радиоактивного материала, термин «пункт назначения» означает конечную точку перемещения, где упаковка должна или вероятно будет открыта, исключая таможенные процедуры, как описано в пункте 581.

Специальные условия (Special arrangement)

238.1. Использование «специальных условий» не должно восприниматься несерьезно. Этот тип перевозки предназначен для тех ситуаций, когда соответствие нормальным требованиям Правил не может быть обеспечено. Например, удаление старого оборудования, содержащего радиоактивный материал, когда не существует разумного способа перевозить радиоактивный материал в утвержденной упаковке. Опасность, связанная с распаковкой и обращением с радиоактивным материалом может перевесить преимущество использования утвержденной упаковки, предполагая даже, что такая приемлемая упаковка имеется.

Положения специальных условий должны компенсировать отступления от нормальных требований Правил, обеспечивая эквивалентный уровень безопасности. В соответствии с основной философией транспортных правил, при разработке компенсирующих мер доверие к административным мерам следует свести к минимуму.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Радиоактивный материал особого вида (Special form radioactive material)

239.1. Правила основаны на предпосылке о том, что потенциальный риск, связанный с перевозкой неделящегося радиоактивного материала, зависит от четырех важных параметров:

— дозы на единичное поступление радионуклида (пероральным или ингаляционным путем);
— общей активности, содержащейся в упаковке;
— физической формы радионуклида;
— потенциальных внешних уровней излучения.

239.2. Правила признают, что радиоактивный материал в нерассеиваемом виде или заключенный в прочную металлическую капсулу представляет минимальную опасность загрязнения, хотя опасность прямого радиационного воздействия все же существует. Материал, защищенный таким образом от риска рассеяния в аварийных условиях, отнесен к «радиоактивным материалам особого вида». Радиоактивный материал сам по себе являющийся дисперсным может быть адсорбирован, абсорбирован или привязан к инертному твердому телу таким образом, что он ведет себя как нерассеиваемое твердое тело, например металлическая фольга. Смотри пункты 603.1-603.4, 604.1 и 604.2.

239.3. Если радиоактивное содержимое упаковки не является материалом особого вида, то количество радиоактивного материала, которое может быть перевезено в освобожденной упаковке или в упаковке типа А, будет ограничено величиной A_2 или значением, кратным ей. Например, для упаковки типа А количество будет ограничено величиной A_2, а для освобожденных упаковок эта величина будет изменяться от A_2 до $10^{-4}A_2$ – $10^{-5}A_2$, если перевозка осуществляется почтой, и будет зависеть от того, является ли материал твердым, жидким или это газ, и входит ли он в состав какого-либо изделия или прибора. Однако, если материал является материалом особого вида, то пределы для упаковки изменяются от A_2 до A_1 или величины, кратной ей. В зависимости от радионуклидов A_1 может отличаться от A_2 в $1 \div 10000$ раз (смотри Таблицу I Правил). Возможность перевозить повышенное количество радиоактивного материала в упаковке, если он является радиоактивным материалом особого вида, относится только к упаковкам типа А и освобожденным упаковкам.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Удельная активность (Бк/г) (Special activity)

240.1. Определение удельной активности на практике охватывает две различные ситуации. В первом случае, определение удельной активности радионуклидов, подобно определению Международной комиссии радиологических единиц (ICRU) для удельной активности элемента. Второе определение удельной активности в Правилах более точно, и является массовой концентрацией активности. Таким образом, определение удельной активности дано для двух случаев и зависит от конкретного применения к тем или иным требованиям Правил. Термин «концентрация активности» также использован в некоторых пунктах Правил (например, смотри пункт 401 и Таблицу I Правил).

240.2. Период полураспада и удельная активность для каждого радионуклида, приведенного в Таблице I Правил, указаны в Таблице II Приложения II. Эти величины удельной активности были вычислены, используя следующее уравнение:

$$\text{Удельная активность (Бк/г)} = \frac{(\text{Число Авогадро}) \times \lambda}{\text{атомная масса}}$$

$$= \frac{4.18 \times 10^{23}}{A \times T_{1/2}}$$

где
A – атомный вес радионуклида;
$T_{1/2}$ – период полураспада (с)
λ – постоянная распада (c^{-1}) радионуклида = $\ln 2/T_{1/2}$

240.3. Удельная активность для любого радионуклида, не указанного в Таблице II.1, Приложения II может быть вычислена, используя уравнение, приведенное в пункте. 240.2.

240.4. Удельная активность урана, для различных уровней обогащения, показана в Таблице II.3 Приложения II.

240.5. При определении удельной активности материала, в котором радионуклиды распределены, вся масса этого материала или его части, то есть масса радионуклида и масса всех других материалов, должны быть включены в массовый компонент. Следует отметить различные

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

интерпретации удельной активности в определении материала НУА (пункт 226) и в Таблице II.1.

Объект с поверхностным радиоактивным загрязенением (Surface contaminated object)

241.1. Различие между двумя категориями объектов с поверхностным радиоактивным загрязнением (ОПРЗ), сделано в зависимости от уровня загрязнения их поверхностей, и это определяет тип упаковочного комплекта, который нужно использовать для перевозки этих объектов. Правила обеспечивают соответствующую гибкость для перевозки неупакованных объектов ОПРЗ-I, или в промышленных упаковках типа 1 (тип IP-1). Более высокий уровень нефиксированных загрязнений установлен для объектов, классифицируемых как ОПРЗ-II; он нуждается в более совершенной системе герметизации, обеспечиваемой промышленными упаковками типа IP-2.

241.2. Модель для ОПРЗ-I, использованная как обоснование пределов для фиксированного и нефиксированного загрязнений, основана на следующем сценарии. Объекты из категории объектов с поверхностным радиоактивным загрязнением, могут включать те части ядерных реакторов или другого оборудования топливного цикла, которые находились в контакте с теплоносителем первого или второго контура, или при процессах, связанных с отходами, в результате которых произошло загрязнение их поверхности смешанными продуктами деления. На основе допустимых уровней загрязнения для бета- и гамма излучателей объект с поверхностью 10 м^2 может иметь фиксированное загрязнение до 4 ГБк и нефиксированное до 0,4 МБк. В ходе обычной перевозки объект может быть в неупакованном виде при перевозке на условиях исключительного использования, но при этом необходимо закрепление объекта (пункт 523(a)), чтобы гарантировать отсутствие распространения радиоактивного материала из транспортного средства. Предполагается, что объект ОПРЗ-I и другой груз попадают в аварийные условия, где 20% поверхности подвергается соскабливанию и 20% фиксированных загрязнений с соскобленной поверхности освобождается. Кроме того, полагается, что с поверхности освобождаются все нефиксированные загрязнения. Общий выход активности, таким образом, может быть 160 МБк для фиксированного загрязнения и 0,4 МБк для нефиксированного. При использовании величины A_2 равной 0,02 ТБк для смешанных бета- и гамма излучателей продуктов деления, активность выхода будет равна 8×10^{-3} A_2. Полагается, что такая авария может возникнуть только снаружи, так что,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

согласно основному предположению системы Q, разработанной для упаковок Типа А (см. Приложение I), поглощение составит 10^{-4} от очищенных радионуклидов на индивидуума вблизи места аварии. Это приведет к общему поглощению $0{,}8 \times 10^{-6}$ A_2. Следовательно, это обеспечивает уровень безопасности эквивалентный уровню безопасности для упаковок типа А.

241.3. Модель для объекта ОПРЗ-II подобна, модели для объекта ОПРЗ-I, хотя они могут быть загрязнены в 20 раз больше фиксированными загрязнениями и в 100 больше нефиксированными загрязнениями. Однако, для перевозки объектов ОПРЗ-II требуется промышленная упаковка (IP-2). Наличие такой упаковки приведет при аварии к такому же выходу, что и для упаковки типа А. Использование доли выхода равной 10^{-2} приведет к общему выходу бета- и гамма излучающих радионуклидов равному 32 МБк для фиксированного загрязнения и 8 МБк для нефиксированного загрязнения, что равно 2×10^{-3} A_2. Применение того же самого коэффициента поступления (поглощения), что и в предыдущем пункте, приведет к поглощению $0{,}2 \times 10^{-6} A_2$, обеспечивая, таким образом, тот же уровень безопасности, что и для упаковок типа А.

241.4. Если общая активность ОПРЗ столь низка, что удовлетворяются пределы, установленные для освобожденных упаковок в соответствии с положениями пункта 408, то, при условии, что выполняются все требования и условия контроля, применимые к перевозке освобожденных упаковок (см. пункты 515-519), ОПРЗ может перевозиться, как освобожденная упаковка.

241.5. Объекты с поверхностным радиоактивным загрязнением – это, по определению, объекты которые сами не являются радиоактивными, но на поверхности которых распределены радиоактивные материалы. Как следствие такого определения объекты, радиоактивные сами по себе, не могут классифицироваться как объекты с поверхностным радиоактивным загрязнением. Такие объекты, впрочем, могут рассматриваться в качестве объектов с низкой удельной активностью, если все требования, определенные для объектов с низкой удельной активностью удовлетворены. См. также пункт 226.19.

241.6. Примерами недоступных поверхностей являются:

— внутренние поверхности труб, концы которых могут быть надежно закрыты простыми методами;

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

— внутренние поверхности эксплуатационного оборудования для ядерных установок, которые заглушены или формально закрыты;
— защитные камеры с заглушенными входами.

241.7. Методы измерения фиксированного и нефиксированного загрязнения упаковок и транспортных средств указаны в пунктах 508.2 и 508.7-508.12. Эти методы применимы к ОПРЗ. Однако, для того, чтобы применять эти методы правильно, грузоотправителю нужно знать состав загрязнения.

Резервуар (Tank)

242.1. Нижний предел емкости 450 л (1000 л для газов) включен, чтобы достигнуть согласованности с Рекомендациями Объединенных Наций [6].

242.2. В пункте 242 рассматривается твердое содержимое в резервуаре, куда такое содержимое помещается в жидкой или газообразной форме и впоследствии отверждается еще до начала перевозки (например, гексафторид урана, UF_6).

Транспортный индекс (Transport index)

243.1. ТИ имеет в Правилах многофункциональное назначение, включая его использование перевозчиком в качестве основы при отделении радиоактивных материалов от людей, не проявленных фотопленок и других грузов, содержащих радиоактивные материалы, а также для того, чтобы ограничить уровень лиц из населения и транспортных рабочих при перевозке и транзитном хранении.

243.2. В Правилах издания 1996 года транспортный индекс (ТИ) не играет больше никакой роли в регулировании безопасности по критичности упаковок, содержащих делящиеся материалы. Контроль над безопасностью по критичности в настоящее время обеспечивается через специальный индекс безопасности по критичности (ИБК) (см. пункты 218.1 и 218.2). Хотя предыдущий подход, использующий единственный индекс, как для радиологической защиты, так и для безопасности по критичности, обеспечивал его простое применение на практике, современный подход с использованием отдельных ТИ и ИБК позволяет снять существенные ограничения по разделению при перевозке и транзитном хранении упаковок, не содержащих делящиеся материалы. Причина сохранения обозначения ТИ в том, что подавляющее большинство радиоактивных

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

грузов не содержат делящиеся материалы, и, следовательно, новое обозначение для ТИ, введенное «только для радиоактивных» материалов, могло бы создать неразбериху, из-за чего пришлось бы вводить и объяснять два новых названия. Следует проявлять осторожность, чтобы не использовать неправильно величину ТИ и рассматривать величину ИБК как единственный критерий для контроля за накоплением упаковок.

243.3. Смотри пункты 526.1-526.4.

Необлученный торий (Unirradiated thorium)

244.1. Термин «необлученный торий» в определении материалов с низкой удельной активностью предназначен для того, чтобы исключить из рассмотрения любой торий, который облучался в ядерном реакторе для превращения Th-232 в U-233, который является делящимся материалом. Определение могло бы запретить присутствие любого U-233, но природный торий может содержать следы U-233. Предел 10^{-7} г U-233 на грамм Th-232 призван однозначно исключить из рассмотрения любой облученный торий, признавая при этом возможность содержания следов присутствия U-233 в природном тории.

Необлученный уран (Unirradiated uranium)

245.1. Термин «необлученный уран» введен, чтобы исключить из рассмотрения любой уран, облученный в реакторе, как с целью превращения U-238 в Pu-239, так и с целью деления U-235. Такое определение могло бы исключить присутствие любого плутония или продуктов деления, но природный уран может содержать следы плутония и продуктов деления. В Правилах редакции 1985 года, пределы для содержания 10^{-6} г плутония на 1 грамм U-235 и 9 МБк продуктов деления на 1 грамм U-235 были введены для того, чтобы однозначно исключить из рассмотрения любой облученный уран, признавая в то же время присутствие следов плутония и продуктов деления в природном уране.

245.2. Присутствие U-236 является более существенным показателем облучения нейтронным потоком. Величина 5×10^{-3} г U-236 на грамм U-235 была выбрана как представляющая согласованную позицию Комитета C-26 ASTM (Американское общество по материалам и испытаниям) в спецификации C-996 для обогащенного коммерческого урана. Эта величина включена в Правила издания 1996 года и признает возможность следов загрязнения облученным ураном, но дает гарантии, что материал

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

может все еще рассматриваться как необлученный. Эта спецификация представляет композицию с максимальной величиной для радионуклидов урана, для которой может быть продемонстрировано, что значение A_2 для гексафторида урана не является неограниченным. Полагается, что отличие значения A_2 для двуокиси урана будет незначительным [7].

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ II

[1] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

[2] AMERICAN NUCLEAR SOCIETY, American National Standard for Nuclear Criticality Control of Special Actinide Elements, ANSI/ANS-8.15-1981 (reaffirmed 1987), ANS, New York (1981).

[3] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Series 1 Freight Containers — Specifications and Testing — Part 1: General Cargo Containers, ISO 1496:1–1990(E), ISO, Geneva (1990).

[4] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, International Convention for Safe Containers, IMO, London (1984).

[5] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, 2000 edition including amendment 30–00, IMO, London (2001).

[6] UNITED NATIONS, Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Ninth Revised Edition (ST/SG/AC.10/1/Rev.9), UN, New York and Geneva (1995).

[7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Interim Guidance for the Safe Transport of Reprocessed Uranium, IAEA-TECDOC-750, IAEA, Vienna (1994).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел III

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА[2]

301.1. Программа радиационной защиты (ПРЗ) при перевозке радиоактивных материалов имеет следующие цели:

— уделить надлежащее внимание мерам радиационной защиты при перевозке;
— гарантировать надлежащее применение системы радиационной защиты;
— повысить культуру безопасности при перевозке радиоактивных материалов;
— обеспечить практические меры для достижения этих целей.

В состав ПРЗ в требуемой степени следует включать следующие элементы:

(a) область действия программы (см. пункты 301.2–301.4);
(b) роли и ответственность за выполнение программы (см. пункт 301.5);
(c) оценка доз (см. пункт 305);
(d) оценка загрязнения поверхности (см. пункты 508, 513 и 514);
(e) дозовые пределы, ограничения и вопросы оптимизации (см. пункт 302);
(f) разделяющие расстояния (см. пункты 306–307);
(g) аварийное реагирование (см. пункты 308–309);
(h) обучение (см. пункт 303);
(i) обеспечение качества (см. пункт 310).

301.2. В область действия ПРЗ следует включать все аспекты перевозки, как они определены в пункте 106 Правил. Однако признано, что в некоторых случаях определенные аспекты ПРЗ могут охватываться ПРЗ

[2] После подготовки текста этой публикации МАГАТЭ издало документ Серия норм безопасности № RS-G-1.1, Occupational Radiation Protection, IAEA, Vienna (1999). В этом Руководстве по безопасности можно найти дополнительные рекомендации по разработке и применению программ радиационной защиты, а также по мониторингу и оценке доз облучения.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

на производственных площадках при отправлении и получении груза, а также в местах транзитного хранения. Поскольку масштаб и широта охвата мер, которые должны войти в ПРЗ, будет зависеть от величины и вероятности облучения, следует применять ступенчатый подход.

301.3. Необходимо учитывать как тип, так и категорию упаковки. При обычной перевозке важно внешнее облучение, и категория упаковки обеспечивает классификацию для этого; однако, в аварийных условиях важен именно тип упаковки (освобожденная, промышленная, тип А, тип В или тип С). От освобожденных упаковок, а также промышленных типов и типа А не требуется выдерживать аварии. В отношении аспектов ПРЗ, относящихся к аварийным условиям перевозки, необходимо учитывать возможность утечки из упаковок этих типов в результате аварии при перевозке или при обращении с ними. Напротив, от упаковок типа В и типа С можно ожидать, что они выдержат почти все наиболее тяжелые аварии.

301.4. Уровни внешнего излучения от освобожденных упаковок и упаковок категории I-БЕЛАЯ являются достаточно низкими, чтобы с ними можно было обращаться без ограничений, и, поэтому, оценка доз не требуется. Рассмотрение требований радиационной защиты может быть сведено к ограничению времени обращения разумно достижимым низким уровнем, а условия разделения можно удовлетворить путем избежания продолжительного непосредственного контакта упаковок с людьми и другими грузами в течение перевозки. Однако для упаковок категории II-ЖЕЛТАЯ и III-ЖЕЛТАЯ оценка доз необходима, и в рамках программы требуется учитывать разделение, а также пределы доз, ограничения и оптимизацию.

301.5. Лучше всего разрабатывать ПРЗ совместными усилиями грузоотправителей, перевозчиков и грузополучателей, привлеченных к перевозке радиоактивного материала. Грузоотправителям и грузополучателям обычно следует иметь соответствующие ПРЗ как часть установленных операций с оборудованием. Роль и ответственность различных групп и лиц, участвующих в выполнении ПРЗ, следует четко определять и описывать. Следует избегать взаимного наложения различных областей ответственности. В зависимости от величины и вероятности облучения общая ответственность за разработку и выполнение ПРЗ может быть возложена на санитарного врача или начальника службы радиационной безопасности, признанного путем сертификации соответствующими советами или обществами или иным

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

путем (например, соответствующим компетентным органом), как «квалифицированный эксперт» («эксперт» согласно русскому переводу BSS – *прим. Редактора русского перевода*) [1].

302.1. Для оптимизации защиты и безопасности требуется принимать во внимание как нормальное, так и потенциальное облучение. К нормальному облучению относится облучение, ожидаемое в обычных и нормальных условиях перевозки, как определено в пункте 106 Правил. К потенциальному облучению относится облучение, которое не будет получено наверняка, а может явиться результатом аварии или события, либо последовательности событий вероятностного характера, включая поломки оборудования и ошибки эксплуатации. В случае нормального облучения для оптимизации требуется учет индивидуальных доз и количества людей, подвергающихся облучению; кроме этого, в случае потенциального облучения принимается во внимание вероятность возникновения аварий, либо событий, либо последовательностей событий. Оптимизацию следует документировать в ПРЗ. См. также [2].

302.2. В Основных нормах безопасности [1] определены требования по радиологической защите для практической деятельности (деятельность, которая увеличивает суммарное радиационное облучение) и для вмешательства (деятельность, которая уменьшает суммарное облучение, влияя на существующие источники облучения). Систему радиационной защиты для практической деятельности, как это установлено в Основных нормах безопасности (Раздел 2, Основные требования) можно резюмировать следующим образом:

— Никакая практическая деятельность не должна осуществляться, если она не приносит положительной чистой прибыли (обоснование практики).
— Все виды облучения должны удерживаться на разумно достижимом низком уровне, с учетом экономических и социальных факторов (оптимизация защиты).
— Суммарное индивидуальное облучение должно быть ограничено дозовыми пределами или, в случае потенциального облучения, должен осуществляться контроль риска (пределы индивидуальных доз и риска).

302.3. В практике радиационной защиты существовала и продолжает существовать необходимость устанавливать нормы, связанные с величинами, отличающимися от основных дозовых пределов. Нормы

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

данного типа обычно называют вторичными или производными пределами. Когда такие пределы соотнесены с первичными пределами посредством определенной модели, они называются производными. В Правилах использованы производные пределы.

302.4. Примерами производных пределов в Правилах являются пределы максимальной активности A_1 и A_2, максимальные уровни нефиксированного загрязнения, уровни излучения на поверхности и вблизи упаковок и разделяющие расстояния, связанные с транспортным индексом. Правила требуют выполнения оценок и измерений, чтобы гарантировать, что нормы соблюдаются.

302.5. В задачи компетентного органа следует включать обеспечение того, чтобы вся деятельность по перевозке осуществлялась в общих рамках оптимизации защиты и безопасности.

303.1. Обеспечение информацией и обучение являются составной частью любой системы радиологической защиты. Уровень разрабатываемых инструкций должен соответствовать природе и типу выполняемой работы. Работники, привлекаемые к перевозке радиоактивных материалов, нуждаются в обучении в отношении радиологического риска в их работе и того, как они могут свести к минимуму этот риск при всех обстоятельствах.

303.2. Обучение следует связывать с конкретными операциями и обязанностями, конкретными защитными мерами, которые необходимо предпринять в случае аварии или для использования конкретного оборудования. В его объем, по мере необходимости, следует включать общую информацию в отношении радиологического риска, знания о природе ионизирующего излучения, влиянии ионизирующего излучения и его измерении. Обучение следует рассматривать, как непрерывный процесс в течение всего срока работы и проводить начальное обучение и курсы переподготовки с необходимой периодичностью. Следует периодически проверять эффективность обучения.

303.3. Информация по конкретным требованиям к обучению опубликована в [3, 4].

304.1. Для определения эффективности применения Правил, включая требования, относящиеся к ПРЗ, могут использоваться оценки компетентного органа, которые могут быть частью деятельности по

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

обеспечению выполнения, детально представленной в [5] (см. также пункты 311.1–311.8). Особенно важной является оценка того, имеет ли место эффективная оптимизация радиационной защиты и безопасности. Это может также помочь в достижении и сохранении доверия общественности.

304.2. Для выполнения пункта 304 Правил информацию о дозах облучения персонала и населения следует накапливать и анализировать по мере необходимости. Анализы следует выполнять, если того требуют обстоятельства, например, если происходят значительные изменения в схеме перевозок, или внедрена новая технология, относящаяся к радиоактивным материалам. Сбор необходимой информации может быть обеспечен путем комбинации радиационных измерений и оценок. В дополнение к обычным условиям необходимо анализировать и аварийные условия перевозки.

305.1. В Основных нормах безопасности [1] установлены пределы эффективных доз для населения – 1 мЗв/год и персонала – 20 мЗв в среднем за каждый из пяти последовательных лет, но не более 50 мЗв в течение одного года. Дозовые пределы в особых обстоятельствах, пределы эквивалентных доз на хрусталик глаза, конечности (рук и ног) и кожу, а также дозовые пределы для стажеров и беременных женщин также установлены в Основных нормах безопасности и их следует учитывать в контексте требований пункта 305. Эти пределы применимы ко всем видам практической деятельности, связанным с облучением, за исключением облучения при медицинских процедурах и облучения от определенных природных источников.

305.2. Для мониторинга и оценки доз облучения в пункте 305 приведены три категории. Для первой категории установлен диапазон доз, в котором требуются малые усилия по определению и контролю доз. Верхний предел этого диапазона равен 1 мЗв в год, который был выбран, чтобы имело место совпадение с дозовым пределом для населения. Вторая категория имеет верхний предел 6 мЗв/год, что составляет 3/10 от предела эффективной дозы для персонала (осредненной за 5 лет). Этот уровень представляет разумную линию раздела между условиями, когда маловероятно достижение дозовых пределов, и условиями, когда дозовые пределы могут быть достигнуты. К третьей категории относятся все ситуации, где ожидается превышение предела профессионального облучения 6 мЗв/год, установленного для второй категории.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

305.3. Многие транспортные рабочие будут в первой категории, и специальных мер по мониторингу или контролю их облучения не требуется. Для второй категории понадобится программа оценки доз. Она может быть основана как на индивидуальном мониторинге (контроле), так и на мониторинге рабочих мест. В последнем случае мониторинг рабочих мест часто может выполняться путем измерения уровня излучения в производственных зонах в начале и в конце данного этапа перевозки. В некоторых случаях, однако, могут также потребоваться мониторинг воздуха, проверки загрязнения поверхности и индивидуальный мониторинг. Для третьей категории индивидуальный мониторинг обязателен. В большинстве случаев он будет выполняться с применением приборов персональной дозиметрии, таких как пленочные дозиметры, термолюминесцентные дозиметры и, где необходимо, нейтронные дозиметры (см. также сноску 2).

305.4. Некоторые исследования отдельных операций показали наличие корреляции между дозой, полученной работниками и суммой обслуженных транспортных индексов [6]. Маловероятно, что перевозчики, обслуживающие менее 300 ТИ в год, получат дозу выше 1 мЗв/год, поэтому такие перевозчики не нуждаются в детальном мониторинге, оценке доз и индивидуального учета доз.

305.5. Так как при перевозке на условиях исключительного использования допускаются относительно высокие уровни излучения, то следует уделить дополнительное внимание выполнению требований пункта 305, поскольку легко превысить уровень 1 мЗв, и, соответственно, следует предпринимать особые меры в отношении мониторинга или контроля облучения. Для правильной оценки категории облучения следует учитывать облучение, полученное как в ходе непосредственно перевозки, так и на других ее этапах, в частности, при погрузке и выгрузке.

306.1. Уровни дозы 5 мЗв/год для персонала и 1 мЗв/год для критической группы населения [1] являются специально определенными значениями, предназначенными для использования при расчете разделяющих расстояний или мощностей доз для постоянно занятых производственных помещений. Расстояния и мощности дозы, для удобства, часто представляются в таблицах разделяющих расстояний. Значения доз, данные в пункте 306, предназначены только для разделяющих расстояний или расчетов и должны использоваться совместно с предполагаемыми, но реалистическими параметрами, чтобы получить приемлемые разделяющие расстояния. Использование данных значений дает

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

разумную гарантию того, что действительные дозы при перевозке радиоактивных материалов будут намного ниже соответствующих годовых дозовых пределов.

306.2. Эти значения совместно с простыми, надежными моделями использовались в течение многих лет при расчете таблиц разделения для различных видов транспорта. Оценка имевших место облучений показывает, что дальнейшее использование этих значений приемлемо. В частности, контроль облучения, имеющего место при воздушных и морских перевозках [7, 8], показал, что разделяющие расстояния, полученные на основе этих значений, приводят к дозам для населения ниже соответствующего годового предела, а дозы для работников, не привлекаемых к непосредственным операциям с грузом, также не превышают 1 мЗв/год. Применение разделяющих расстояний само по себе не исключает требования выполнять оценки в соответствии с пунктом 305 Правил.

306.3. В Правилах установлены требования по радиационной защите, которые должны быть выполнены при определении разделяющих расстояний (т.е. минимальных расстояний между упаковками с радиоактивными материалами и регулярно занятыми производственными зонами транспортного средства) и мощностей дозы в регулярно занятых производственных зонах. Для практических целей может быть полезным представлять эту информацию в виде таблиц разделения.

307.1. Хотя это и не является проблемой радиационной защиты, но в ходе оценки влияния радиации на рентгеновские снимки в 1947 г. [9] было определено, что после обработки на них может появляться легкая вуаль, если они были подвержены гамма-облучению дозой, превышающей 0,15 мЗв. Это может препятствовать надлежащему применению снимков и привести к ошибкам в диагностике. Другие типы фотопленок также подвержены образованию вуали, хотя требуемые для этого дозы значительно больше. Поскольку было бы нереалистичным применять процедуру разделения, зависящую от типа фотопленки, положения Правил сформулированы так, чтобы ограничить облучение всех необработанных фотопленок не более 0,1 мЗв в ходе перевозки от грузоотправителя до грузополучателя.

307.2. Различие времени перевозки морским транспортом (дни и недели) и наземным или воздушным транспортом (часы и дни) означает, что используются разные таблицы разделяющих расстояний так, чтобы суммарное облучение фотопленки во время перевозки было одинаковым

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

для всех видов транспорта. В ходе распределения и конечного использования фотопленки может потребоваться более чем один вид транспорта и более чем одна перевозка. Поэтому при разработке таблиц разделяющих расстояний для конкретного вида транспорта, следует связывать с этим видом транспорта только долю предельной величины, предписанной в пункте 307.

307.3. При автомобильных перевозках водитель может обеспечить достаточное разделение от фотопленок, перевозимых другим транспортным средством, оставляя при парковке вокруг своего автомобиля свободное пространство не менее 2 м.

АВАРИЙНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

308.1. Требования, установленные в Правилах, если они выполняются проектировщиком упаковки, грузоотправителем, перевозчиком и грузополучателем, обеспечивают высокий уровень безопасности при перевозке радиоактивных материалов. Однако эти упаковки могут попадать в аварии. Пункт 308 Правил указывает, что требуются заблаговременное планирование и подготовка, чтобы обеспечить достаточное и безопасное реагирование на такие аварии. Реагирование в большинстве случаев будет аналогично реагированию на радиационные аварии на стационарных установках. Таким образом, требуется, чтобы соответствующие национальные или международные организации установили аварийные процедуры, и чтобы эти процедуры выполнялись в случае аварии при перевозке радиоактивных материалов.

308.2. Дальнейшее руководство можно найти в [10].

309.1. Радиационная опасность может быть не единственной опасностью, связанной с содержимым упаковки радиоактивных материалов. Могут иметь место и другие опасности, включая пирофорность, коррозию или окисляющие свойства; либо, в случае выхода, содержимое может реагировать с окружающей средой (воздухом, водой и т.п.), в свою очередь, создавая опасные вещества. Именно это последнее явление имеется в виду, когда в пункте 309 требуется обеспечить должную безопасность от химических (т.е. не радиоактивных) угроз, и особое внимание уделяется гексафториду урана (UF_6) из-за его склонности реагировать, при определенных условиях, как с влагой в воздухе, так и с водой, образуя фтористый водород и уранилфторид (HF и UO_2F_2).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

309.2. При повреждении системы герметизации упаковки в условиях аварии, воздух и/или вода могут проникать внутрь и, в некоторых случаях, химически реагировать с содержимым. Для некоторых радиоактивных материалов эти химические реакции могут производить щелочи, кислоты, отравляющие вещества, потенциально опасные для окружающей среды и населения. Эту проблему следует учитывать в конструкции упаковок и при планировании процедур аварийного реагирования с целью снижения последствий таких реакций. При этом следует полностью учитывать количества вовлеченных материалов, возможную кинетику реакций, смягчающее влияние продуктов реакций (самогашение, самозакупоривание, нерастворимость и т.п.) и возможное повышение концентрации или разбавление в окружающей среде. Подобные соображения могут накладывать ограничения на конструкцию или применение упаковки, более жесткие, чем те, которые связаны с радиоактивной природой содержимого.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

310.1. Обеспечение качества – это, по существу, систематический и документированный метод, позволяющий гарантировать, что требуемые условия или уровень безопасности стойко достигаются. Любая систематическая оценка и документирование выполнения работ, оцениваемых по отношению к соответствующим нормам, является формой обеспечения качества. Дисциплинированное отношение ко всей деятельности, влияющей на качество, включая, если необходимо, детализацию и верификацию удовлетворительного выполнения и/или принятие необходимых корректирующих мер, будет давать вклад в безопасность перевозки и обеспечит подтверждение того, что требуемое качество было достигнуто.

310.2. В Правилах не содержатся детальные программы обеспечения качества вследствие широкого разнообразия в производственных потребностях и некоторых отличий в требованиях компетентных органов государств-членов МАГАТЭ. Структура, на которой могут основываться все программы обеспечения качества, представлена в Приложении IV. Принимая ступенчатый подход, соответствующий пункту 104 Правил, степень детализации программы обеспечения качества будет зависеть от фазы и типа транспортной операции.

310.3. Согласно требованиям Правил разрабатывать и применять программы обеспечения качества следует своевременно, до начала

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

транспортных операций. Когда необходимо, компетентный орган будет добиваться, чтобы программы обеспечения качества применялись, как часть своевременного принятия Правил.

310.4. Дальнейшее руководство дано в [11].

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ

311.1. Государствам-членам МАГАТЭ и всем имеющим отношение к данному вопросу международным организациям в течение соответствующего времени следует на основе Правил принять нормативные документы по безопасной перевозке. Значение придается своевременному внедрению систематических программ обеспечения соблюдения Правил, дополняющих принятие Правил.

311.2. Согласно тому, как он используется в Правилах, термин «обеспечение соблюдения» имеет широкое значение, включающее все принимаемые компетентным органом меры, направленные на обеспечение выполнения положений Правил на практике. Соблюдение означает, например, что:

(a) Используются соответствующие и качественные упаковки;
(b) Активность радиоактивных материалов в каждой упаковке не превышает нормативных пределов активности для этих материалов и этого типа упаковки;
(c) Уровни внешнего излучения и уровни загрязнения на поверхности упаковок не превышают соответствующих пределов;
(d) Упаковки надлежащим образом маркированы и снабжены этикетками, транспортная документация полностью оформлена;
(e) Количество содержащих радиоактивные материалы упаковок на транспортном средстве не превышает нормативных пределов;
(f) Упаковки с радиоактивными материалами размещены в транспортных средствах и хранятся на безопасном расстоянии от людей и фоточувствительных материалов;
(g) При погрузке, перевозке и выгрузке упаковок с радиоактивными материалами используются только испытанные погрузочные и подъемные механизмы (см. пункт 564);
(h) Упаковки радиоактивных материалов должным образом закреплены для перевозки;
(i) К обращению с упаковками радиоактивных материалов при выполнении транспортных операций привлекается только

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

обученный персонал, включая водителей транспортных средств, которые также могут загружать и выгружать упаковки.

311.3. Главными целями систематической программы обеспечения соблюдения Правил являются:

— обеспечение независимого подтверждения выполнения регулирующих норм пользователем Правил;
— обеспечение обратной связи с процессом нормативного регулирования, как основы для совершенствования Правил и программы обеспечения соблюдения Правил.

311.4. Чтобы программа обеспечения соблюдения Правил была эффективной, в нее, как минимум, следует включать меры, относящиеся к:

— экспертизе и оценке, включая выдачу сертификатов об утверждении; и
— инспектированию и мерам принуждения.

311.5. Программа обеспечения соблюдения Правил может быть внедрена только тогда, когда ее область действия и цели доведены до всех сторон, вовлеченных в перевозку радиоактивных материалов, т.е. проектировщиков, изготовителей, грузоотправителей и перевозчиков. Поэтому, в программу обеспечения соблюдения Правил следует включать положения по распространению информации. С помощью их следует информировать пользователей о том, каким образом, как ожидает компетентный орган, будет обеспечено выполнение Правил, и о новых разработках в области регулирования. Все вовлеченные стороны должны использовать обученный персонал.

311.6. Для обеспечения адекватности радиоактивных материалов особого вида (см. пункт 239 Правил) и определенных конструкций упаковок требуется, чтобы компетентный орган оценивал эти конструкции (см. пункт 802 Правил). Таким путем компетентный орган может гарантировать, что конструкция соответствует регулирующим требованиям, и что требования применяются надлежащим образом всеми пользователями. Когда требуется Правилами, перевозки также являются предметом экспертизы и утверждения, чтобы гарантировать, что адекватные мероприятия по безопасности выполняются при транспортных операциях.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

311.7. Компетентному органу следует проводить аудит и инспекции, как часть его программы обеспечения соблюдения Правил для подтверждения того, что пользователи соответствуют всем необходимым требованиям Правил и выполняют свои программы обеспечения качества. Инспекции необходимы также для идентификации случаев несоответствия, которые могут вызвать необходимость корректирующих действий пользователя, либо принуждающих действий со стороны компетентного органа. Первичной целью программы принуждения является не наказание, а стимулирование выполнения Правил.

311.8. Поскольку Правила содержат требования по аварийному реагированию при перевозке радиоактивных материалов (см. пункт 308 Правил), в программу обеспечения соблюдения Правил следует включать деятельность, направленную на обеспечение планирования аварийного реагирования и готовности к аварийному реагированию, когда это потребуется. Эту деятельность следует включать в соответствующие национальные планы на случай чрезвычайных ситуаций. Компетентному органу следует обеспечить, чтобы грузоотправитель и перевозчик имели соответствующие аварийные планы.

311.9. Дальнейшее руководство дано в [5].

СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

312.1. Назначение пункта 312 Правил соответствует аналогичным положениям в более ранних изданиях Правил. Действительно, с самого раннего издания 1961 года Правила разрешают перевозку грузов, не соответствующих всем необходимым требованиям, но это можно делать только в специальных условиях. Понятие специальные условия основано на требовании продемонстрировать, что общий уровень безопасности в результате дополнительного эксплуатационного контроля, по меньшей мере, эквивалентен тому, который мог бы быть достигнут при выполнении всех требуемых положений (см. пункт 104.1). Поскольку обычно применяемые нормативные требования не выполняются, каждый случай применения специальных условий должен специально утверждаться всеми вовлеченными компетентными органами (т.е. требуется многостороннее утверждение).

312.2. Концепция специальных условий призвана дать грузоотправителям возможность гибкого выбора альтернативных мер

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

безопасности, эквивалентных тем, которые фактически предписаны Правилами. Это делает возможным как разработку новых мер контроля и методов для удовлетворения существующих и изменяющихся потребностей промышленности в длительной перспективе, так и применение специальных мер контроля при эксплуатации для конкретных грузов, когда интерес в этом носит лишь кратковременный характер. На самом деле, роль специальных условий, как возможного пути внедрения и испытания новых методов обеспечения безопасности, которые позже могут быть ассимилированы в специальных нормативных положениях, жизненно важна также и для будущего развития Правил.

312.3. Известно, что при перевозке могут возникать незапланированные ситуации, такие как небольшие повреждения упаковок или какие-либо отступления от требований Правил, которые требуют выполнения каких-то действий. Если при этом не возникает немедленного влияния на здоровье, безопасность и или физическую защиту специальные условия могут быть приемлемым решением. Специальных условий не следует требовать в случаях несоответствий, которые могут потребовать, чтобы перевозка немедленно перешла из ситуации несоответствия в условия соответствующего контроля здоровья и безопасности. Считается, что процедуры аварийного реагирования, приведенные в [10] и программы обеспечения соблюдения Правил согласно [5] обеспечивают лучшие подходы в большинстве случаев возникновения незапланированных событий такого типа.

312.4. Утверждение специальных условий можно пытаться искать в отношении перевозок, для которых отклонения от стандартных свойств конструкции упаковок приводят к необходимости применения компенсирующих мер безопасности в виде более строгого эксплуатационного контроля. Детальная информация по возможным мерам дополнительного контроля, которые могут на практике использоваться с этой целью, включена в пункт 825.1. Информация, предоставляемая для обоснования аргументов по эквивалентной безопасности, может содержать количественные данные, если они доступны, а может варьироваться от рассмотрения суждений на основе соответствующего опыта до вероятностного анализа риска.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ III

[1] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

[2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Discussion of and Guidance on the Optimization of Radiation Protection in the Transport of Radioactive Material, IAEATECDOC-374, IAEA, Vienna (1986).

[3] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, INLAND TRANSPORT COMMITTEE, European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), 1997 edition, marginals 10315, 71315 and Appendix B4, UNECE, Geneva (1997).

[4] RIDDER, K., "The training of dangerous goods drivers in Europe", PATRAM 95 (Proc. Symp. Las Vegas, 1995), USDOE, Washington, DC (1995).

[5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Compliance Assurance for the Safe Transport of Radioactive Material, Safety Series No. 112, IAEA, Vienna (1994).

[6] WILSON, C.K., SHAW, K.B., GELDER, R., "Towards the implementation of ALARA in Transport", PATRAM 92 (Proc. Symp. Yokohama City, 1992), Science & Technology Agency, Tokyo (1992).

[7] WILSON, C.K., The air transport of radioactive materials, Radiat. Prot. Dosim. **48** 1 (1993) 129–133.

[8] WILSON, C.K., SHAW, K.B., GELDER, R., "Radiation doses arising from the sea transport of radioactive materials", PATRAM 89 (Proc. Symp. Washington, DC, 1989), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1989).

[9] FAIRBAIRN, A., The development of the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, At. Energ. Rev. **11** 4 (1973) 843.

[10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Response Planning and Preparedness for Transport Accidents Involving Radioactive Material, Safety Series No. 87, IAEA, Vienna (1988).

[11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quality Assurance for the Safe Transport of Radioactive Material, Safety Series No. 113, IAEA, Vienna (1994).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел IV

ПРЕДЕЛЫ АКТИВНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ МАТЕРИАЛОВ

ОСНОВНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДОВ

401.1. Ограничения активности содержимого упаковок типа А (A_1 для материалов особого вида и A_2 для материалов, не относящихся к особому виду) для любого радионуклида или комбинации радионуклидов выводятся на основе радиологических последствий, которые полагаются приемлемыми, в рамках принципов радиологической защиты, после разрушения упаковки в результате аварии. Метод определения значений A_1 и A_2 приведен в Приложении I.

401.2. В Правилах не предписаны ограничения по количеству упаковок типа А, перевозимых на транспортном средстве. Ничего необычного нет, когда упаковки типа А перевозятся совместно и иногда в больших количествах. В результате, источник в случае аварии при таких перевозках может быть больше, чем выход из единичной поврежденной упаковки. Но считается, что нет необходимости ограничивать величину потенциального источника, ограничивая количество упаковок типа А на транспортном средстве. Большинство упаковок типа А содержит малую долю от значений A_1 или A_2; в самом деле, лишь малый процент грузов из упаковок типа А содержит активность больше, чем эквивалент одной полной упаковки типа А. Исследование, предпринятое в Великобритании [1], показало, что самая большая загрузка транспортного средства с большим количеством упаковок типа А была эквивалентна менее чем пяти полным упаковкам данного типа. Опыт также показывает, что упаковки типа А хорошо проявляют себя во многих аварийных условиях. Суммирование данных об инцидентах из США [2] и Великобритании [3] за период около 20 лет дает информацию о 22 авариях с грузами множества упаковок типа А. Выход радиоактивного содержимого имел место только в двух из этих случаев. Оба они привели к выходу активности порядка $10^{-4}A_2$. Еще один пример можно найти в описании аварии, случившейся в США в 1983 г. [4] с транспортным средством, перевозившем 82 упаковки (типа А и освобожденные) с суммарной активностью на борту $4A_2$. Две упаковки были разрушены, с выходом материала активностью примерно $10^{-4}A_2$.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

401.3. В таблице I Правил приведены пределы концентрации активности и пределы активности для грузов, которые (пределы) могут использоваться для изъятия материалов и груза из сферы действия Правил, включая соответствующие административные требования. Если материал содержит радионуклиды, где либо концентрация активности, либо активность груза меньше, чем пределы из таблицы I, то перевозка таких материалов становится изъятой (т.е. Правила не применяются; см. пункт 236). Общие принципы изъятия согласно [5] состоят в следующем:

(a) радиационные риски, которым подвергаются отдельные лица в результате осуществления изымаемой практической деятельности или изымаемого источника, достаточно низки, чтобы не возникла потребность в их регулировании;
(b) суммарное радиологическое воздействие изымаемой деятельности или изымаемого источника достаточно низко, чтобы при существующих обстоятельствах не требовать регулирующего контроля;
(c) изымаемая практическая деятельность или изымаемые источники по сути своей безопасны, в результате чего нет сколько-нибудь существенной вероятности сценариев, которые могут привести к невыполнению критериев (a) и (b).

401.4. Уровни изъятия в отношении концентраций активности и суммарной активности были изначально получены для включения в Основные нормы безопасности [5] на следующей основе [6]:

(a) индивидуальная эффективная доза 10 мкЗв в год для нормальных условий;
(b) коллективная доза 1 человеко-Зв в год для работы в нормальных условиях.

Уровни изъятия были получены, используя множество сценариев и путей облучения, которые в явном виде не относились к перевозке радиоактивных материалов. Для специфичных сценариев перевозок были выполнены дополнительные расчеты [7]. Эти специализированные для перевозки уровни изъятия затем были подвергнуты сравнению со значениями из Основных норм безопасности. Было сделано заключение, что относительно малые различия между двумя наборами уровней не оправдывают введения в Правила ряда уровней изъятия, отличающихся от тех, которые имеются в Основных нормах безопасности, учитывая к тому же, что наличие различных уровней изъятия в различных видах

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

деятельности может привести к возникновению проблем при их взаимодействии и вызвать законодательные и процедурные сложности.

401.5. Для радионуклидов, не перечисленных в Основных нормах безопасности, уровня изъятия были рассчитаны с использованием того же метода [6].

401.6. Уровни изъятия по концентрации активности должны применяться к материалу в упаковочном комплекте, а также на транспортном средстве и внутри него.

401.7. Уровни изъятия для «общей активности» были установлены для перевозки малых количеств материалов, для которых, при совместной транспортировке, маловероятно, что суммарная активность приведет к сколько-нибудь значительному радиологическому облучению, даже если уровни изъятия по «концентрации активности» превышены. Поэтому уровни изъятия по «общей активности» установлены для груза, а не для отдельных упаковок.

401.8. Следует подчеркнуть, что в ситуации с цепочками распада значения в таблице I, колонки 4 и 5, Правил относятся к активности или концентрации активности материнского нуклида.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДОВ

403.1. При необходимости расчета значений A_1 или A_2 следует использовать методы, представленные в Приложении I. Здесь рассмотрены две ситуации. Первая – для радионуклидов с цепочкой распада, включающей один или более радионуклидов в равновесном состоянии, в которой все дочерние нуклиды имеют период полураспада меньше 10 суток, и в которой ни один дочерний нуклид не имеет периода полураспада больше, чем у исходного нуклида. Вторая ситуация – для всех остальных случаев. В первой ситуации следует учитывать только исходный нуклид цепочки, поскольку вклад дочерних нуклидов учтен при определении значений A_1/A_2 (см. Приложение I), в то время как во второй ситуации все нуклиды следует учитывать по отдельности и как смесь радионуклидов согласно пункту 404 Правил.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

403.2. При необходимости расчета уровней изъятия следует использовать методы, примененные для получения соответствующих величин в Основных нормах безопасности, как описано в [6].

404.1. См. Приложение I.

404.2. Реакторный плутоний, извлеченный из отработавшего топлива на основе низкообогащенного урана (менее 5% U-235), представляет собой типичный пример смеси радионуклидов с известными свойствами и количеством каждого компонента. Расчеты в соответствии с пунктом 404 Правил дают пределы активности, не зависящие от относительного содержания радионуклидов плутония и выгораний в диапазоне 10 000–40 000 МВт × сут/т. В указанном диапазоне выгораний можно использовать следующие значения для реакторного плутония, с учетом образования Am-241, вплоть до пяти лет после извлечения:

$A_1 = 20$ ТБк
$A_2 = 3 \times 10^{-3}$ ТБк

Подчеркнем, что эти значения можно применять только для плутония, выделенного из отработавшего топлива реакторов на тепловых нейтронах, где исходное топливо содержит уран, обогащенный до 5% по U-235, где выгорание не менее 10 000 МВтсут/т и не более 40 000 МВт × сут/т, и где выделение было произведено менее чем за пять лет до окончания перевозки. Необходимо также отдельно рассматривать другие загрязняющие компоненты в плутонии.

405.1. Для смесей радионуклидов, когда радиоизотопный состав известен, но не достаточно точно известно их соотношение, дается упрощенный метод определения основных значений радионуклидов. Это особенно полезно для смешанных продуктов деления, которые содержат почти неизменное соотношение трансурановых нуклидов. В этом случае группирование будет просто между альфа-излучателями и другими излучателями, с использованием наиболее ограничивающих значений из соответствующих значений основных нуклидов для отдельных нуклидов в каждой из двух групп. Знание суммарной альфа-активности и остальной активности необходимо для определения пределов активности содержимого. Используя этот метод для конкретной смеси продуктов деления можно оценить риск, как от трансурановых элементов, так и от самих продуктов деления. Относительный риск будет зависеть от происхождения смеси, то есть, от происхождения делимого нуклида, времени облучения, времени распада и, возможно, воздействий при химических процессах.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

405.2. Для переработанного урана значения A_2 можно рассчитать, используя уравнение для смесей из пункта 404 и принимая во внимание физические и химические характеристики, возможные как в нормальных, так и в аварийных условиях. Может оказаться также возможным продемонстрировать, что значение A_2 не является ограниченным, показав, что 10 мг урана имеют меньшую активность, чем активность, приводящая к эффективной дозе 50 мЗв для этой смеси. Кроме того, при расчете значений A_2 для переработанного урана полезную информацию могут обеспечить рекомендации, данные в [8].

406.1. В таблице II Правил приведены данные для использования по умолчанию, когда действительные значения не известны. Эти величины являются наименьшими из возможных значений для альфа- или бета-/гамма подгрупп.

ПРЕДЕЛЫ СОДЕРЖИМОГО УПАКОВОК

Освобожденные упаковки

409.1. Изделия, изготовленные из природного или обедненного урана, по определению являются материалами НУА-I и, следовательно, должны перевозиться в промышленных упаковках типа 1 (IP-1). Однако, если эти материалы заключены в неактивную оболочку, изготовленную из металла или иного прочного материала, они могут перевозиться в освобожденных упаковках. Ожидается, что оболочка будет предотвращать окисление или абразивное истирание, поглощать все альфа-излучение, понижать уровень бета-излучения и уменьшать риск загрязнения.

410.1. См. пункт 579.1.

Промышленные упаковки типа 1, типа 2 и типа 3

411.1. См. пункты 521.1 и 525.1.

Упаковки типа B(U) и типа B(M)

415.1. Пределы содержимого для упаковок типа B(U) и типа B(M) указываются в сертификатах об утверждении.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

416.1. Для упаковок типа B(U) и типа B(M), предназначенных для перевозки по воздуху, пределы содержимого еще более ограничены меньшей из величин 3000 A_1 или 100000 A_2 для материалов особого вида и 3000 A_2 для других радиоактивных материалов.

416.2. Предел 3000 A_2 для материала не особого вида был установлен, принимая во внимание работу по анализу риска, выполненную Хубертом и др. [9] и касающуюся поведения упаковки типа B в авариях при перевозке по воздуху. Он же является пороговым значением, для которого требуется утверждение перевозки упаковок типа B(M).

416.3. В отношении предела радиоактивного содержимого для материала особого вида из системы Q следует, что для такого материала значение 3000 A_1 было принято в качестве предела радиоактивного содержимого параллельно с пределом 3000 A_2 для такого материала. Однако, для некоторых альфа-излучателей отношение A_1 к A_2 может достигать величины 10^4, что привело бы к эффективной потенциальной загрузке упаковки $3 \times 10^7 A_2$ в нерассеиваемом виде. Это виделось как нежелательно высокий уровень радиоактивного содержимого, в частности, если особый вид материала частично нарушится при очень тяжелой аварии. Предполагалось, что сходство между испытанием на столкновение для материала особого вида и испытания на механическое повреждение для упаковок типа B позволяет ожидать снижения выброса в 10^2 раз по сравнению с упаковкой типа B, позволяя увеличить источник от 100 до 300000 A_2. В качестве консервативной оценки было принято значение 100000 A_2.

416.4. Радиоактивные материалы в нерассеиваемом виде или закрытые в прочной металлической капсуле представляют минимальную угрозу загрязнения, хотя опасность от прямого излучения все еще остается. Дополнительная защита, обеспечиваемая, по определению, для материалов особого вида, достаточна, чтобы перевозить материалы особого вида по воздуху в упаковке типа B(U) в количествах до 3000 A_1, но не более значений 100 000 A_2 для этого нуклида особого вида. Французские исследования показали, что некоторые материалы особого вида, утвержденные по существующим нормам, могут сохранять свою удерживающую функцию и при испытаниях для условий авиакатастроф [9].

Упаковки типа C

417.1. Конструкция упаковки типа C должна ограничивать потенциальный выход до приемлемых уровней при попадании упаковки в

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

тяжелую авиакатастрофу. Пределы содержимого упаковки типа С, указываемого в сертификате об утверждении, учитывают требования по испытаниям упаковок типа С, отражающие очень серьезные аварийные нагрузки, которые могут иметь место при тяжелой авиакатастрофе. Конструкция должна также обеспечить, чтобы форма материала и его физическое или химическое состояние были совместимы с системой защитной оболочки (система герметизации).

Упаковки, содержащие делящиеся материалы

418.1. Важно, чтобы содержание делящегося материала в упаковке соответствовало утвержденному описанию содержимого упаковки, поскольку безопасность по критичности может быть чувствительной к количеству, типу, форме и конфигурации делящегося материала, фиксированных поглотителей нейтронов и/или иных не делящихся материалов, включенных в содержимое. В описание разрешенного содержимого следует включать все материалы (например, внутренние резервуары, упаковочные материалы, части свободных пространств) или значительные примеси, которые, возможно или по своей природе, наверняка присутствуют в упаковке. Таким образом, при оценке безопасности следует тщательно учитывать весь диапазон изменения параметров, характеризующих все материалы, являющиеся возможными компонентами содержимого упаковки. Важно соответствие количества делящегося материала, определенному в сертификате об утверждении, потому что любые изменения могут вызвать увеличение коэффициента размножения нейтронов вследствие большего количества делящегося материала, или, в случае уменьшения его количества, вызвать увеличение реактивности вследствие оптимизации замедления на воде (например, в сертификате может требоваться перевозка полных топливных сборок без удаленных стержней). Включение делящегося материала или иных радионуклидов, не разрешенных для упаковки, может оказать неожиданное влияние на безопасность по критичности (например, замена U-235 на U-233 может дать больший коэффициент размножения). Аналогично, помещение одного и того же количества делящегося материала в гетерогенном или гомогенном распределении может значительно повлиять на коэффициент размножения. Расположение в гетерогенной решетке дает более высокую реактивность для системы низкообогащенного урана, чем гомогенное распределение того же количества материала.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Упаковки, содержащие гексафторид урана

419.1. Предел массы гексафторида урана в загруженной упаковке определен так, чтобы предотвратить переопрессовку как при заполнении, так и при опорожнении. Этот предел следует основывать на максимальной рабочей температуре цилиндра гексафторида урана, сертифицированном минимальном внутреннем объеме цилиндра, минимальной чистоте гексафторида урана 99,5 % и минимальном запасе безопасности 5% свободного объема, когда гексафторид урана находится в жидком состоянии при максимальной рабочей температуре [10].

419.2. Требование, чтобы гексафторид урана был в твердой форме, и чтобы внутреннее давление в цилиндре с гексафторидом урана было ниже атмосферного при передаче для перевозки, было установлено как метод безопасного выполнения операций и для обеспечения максимального запаса безопасности при перевозке. В общем случае цилиндры заполняют гексафторидом урана при давлениях выше атмосферного в газообразном или жидком состоянии. Пока гексафторид урана не охлажден и не отвержден, нарушение системы герметизации, как цилиндра, так и системы заполнения на предприятии может привести к опасному выбросу этого вещества. Однако, поскольку тройная точка для гексафторида урана имеет параметры 64°C при нормальном атмосферном давлении 1,013 г 10^5 Па, то если гексафторид урана представлен для перевозки в термически стабильном состоянии, крайне маловероятно, что в нормальных условиях перевозки он нагреется выше тройной точки.

419.3. Соблюдение требования о нахождении гексафторида урана при перевозке в твердой форме при внутреннем давлении в цилиндре ниже атмосферного обеспечивает следующее: (a) обращение с цилиндром до и после перевозки, а также при перевозке в нормальных условиях будет осуществляться при максимальном запасе безопасности исполнения данной упаковки; (b) максимизацию конструктивных возможностей упаковки; (c) надлежащую работу системы герметизации упаковки. Выполнение этого требования исключает представление на перевозку цилиндров, которые не были должным образом охлаждены после операций заполнения.

419.4. Вышеописанные критерии для установления пределов заполнения и специальные пределы заполнения цилиндров с гексафторидом урана, наиболее широко используемых во всем мире, определены в [10].

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Пределы заполнения любых других цилиндров с гексафторидом урана следует устанавливать, используя эти критерии, и, для каждого цилиндра, требующего утверждение компетентного органа, анализ, устанавливающий предел заполнения и величину этого предела, следует включать в документацию по безопасности, направляемую компетентному органу. В безопасном пределе заполнения следует учитывать внутренний объем гексафторида урана в разогретом и жидком состоянии, и в дополнение указывать незаполненный объем (т.е. объем газа) над жидкостью в контейнере.

419.5. Гексафторид урана сильно расширяется при фазовом переходе из твердого состояния в жидкое. Он расширяется из твердого состояния при 20°C до жидкого при 64°C на 47 % (от 0,19 см^3/г до 0,28 см^3/г). Кроме того, жидкий гексафторид урана будет расширяться дополнительно на 10 % по отношению к объему в твердом состоянии (от 0,28 см^3/г в тройной точке до 0,3 см^3/г) при нагреве от 64 до 113°C. В результате может наблюдаться дополнительный существенный рост объема гексафторида урана между температурой заполнения и более высокой температурой. Поэтому проектировщику и оператору установки, заполняющей цилиндры гексафторидом урана, следует уделять особое внимание обеспечению соблюдения предела заполнения цилиндров. Это особенно важно, поскольку, если не уделять этому внимания, количество материала, которое может быть залито в цилиндр, может сильно превысить безопасный предел заполнения при температуре, с которой гексафторид урана обычно разливается в цилиндры (например, при температуре около 71°C). Например, цилиндр объемом 3964 л с пределом заполнения 12 261 кг может принять до 14 257 кг гексафторида урана при 71°C. При нагреве выше 71°C жидкий гексафторид урана может целиком заполнить цилиндр и за счет гидравлических сил деформировать и разорвать его. Количества гексафторида урана, превышающие 14 257 кг могут разорвать цилиндр при нагревании выше 113°C. Разрыв за счет гидравлических усилий – это хорошо изученное явление, и оно должно быть исключено путем соблюдения установленных пределов заполнения, основанных на сертифицированном минимальном объеме цилиндра и плотности гексафторида урана при 121°C для всех цилиндров или максимальной температуре, определяемой конструкцией цилиндра [11].

419.6. Перед перевозкой цилиндра с гексафторидом урана грузоотправителю следует убедиться, что его внутреннее давление ниже атмосферного путем измерения датчиком давления или иным прибором показывающим давление. Это соответствует документу ISO 7195,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

который указывает, что для демонстрации пригодности цилиндра к перевозке гексафторида урана следует проводить испытание на наличие давления меньше атмосферного в холодном состоянии. Согласно ISO 7195 цилиндр с гексафторидом урана не следует перевозить, пока не продемонстрировано, что внутри имеет место давление меньше атмосферного, равное 6,9 г 10^4 Па. В эксплуатационной процедуре для упаковки следует определять максимально допустимое давление, меньше атмосферного, измеренное таким образом, которое будет приемлемо для перевозки; результаты этого измерения следует включать в соответствующую документацию. Это предперевозочное испытание следует также сопровождать согласованными процедурами обеспечения качества.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ IV

[1] AMERSHAM INTERNATIONAL plc, in communication with the National Radiological Protection Board, provided inventory data of packages aboard conveyances (1986).

[2] FINLEY, N.C., McCLURE, J.D., REARDON, P.C., WANGLER, M., "An analysis of the consequences of accidents involving shipments of multiple Type A radioactive material packages", PATRAM 89 (Proc. Symp. Washington, DC, 1989), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1989).

[3] GELDER, R., MAIRS, J.H., SHAW, K.B., "Radiological impact of transport accidents and incidents in the UK over a twenty year period", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 86 (Proc. Symp. Davos, 1986), IAEA, Vienna (1986).

[4] MOHR, P.B., MOUNT, M.E., SCHWARTZ, M.E., "A highway accident involving radiopharmaceuticals near Brookhaven, Mississippi on December 3, 1983", Rep. UCRL 53587 (NUREG/CR 4035), US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (1985).

[5] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

[6] EUROPEAN COMMISSION, Principles and Methods for Establishing Concentrations (Exemption Values) below which Reporting is not Required in the European Directive, Radiation Protection Report No. 65, EC, Brussels (1993).

[7] FRANCOIS, P., et al., "The application of exemption values to the transport of radioactive materials", IRPA 9 (Proc. 9th IRPA Int. Congr. Vienna, 1996), Vol. 4, IRPA, Vienna (1996) 674.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Interim Guidance for the Safe Transport of Reprocessed Uranium, IAEA-TECDOC-750, IAEA, Vienna (1994).

[9] HUBERT, P., et al., Specification of Test Criteria and Probabilistic Approach: The Case of Plutonium Air Transport Probabilistic Safety Assessment and Risk Management, PSA 87, Verlag TUV Rheinland, Cologne (1987).

[10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Packaging of Uranium Hexafluoride (UF6) for Transport, ISO 7195:1993(E), ISO, Geneva (1993).

[11] UNITED STATES ENRICHMENT CORPORATION, Reference USEC-651, USEC, Washington, DC (1998).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

BLANK

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел V

ТРЕБОВАНИЯ И КОНТРОЛЬ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПЕРЕВОЗОК

ТРЕБОВАНИЯ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ВЫПОЛНЕНИЮ ПЕРЕД ПЕРВОЙ ПЕРЕВОЗКОЙ

501.1. Для обеспечения безопасной перевозки радиоактивного материала, в Правилах установлены общие требования к обеспечению качества (пункт 310) и обеспечению соблюдения Правил (пункт 311). Были также установлены специальные требования по инспекциям, чтобы гарантировать соответствие тех параметров упаковки, от которых в максимальной степени зависит целостность упаковки, радиационная безопасность и безопасность по ядерной критичности. Эти требования охватывают инспекции, как перед первой, так и перед каждой перевозкой. Требования, изложенные в пункте 501, и относящиеся к защите, системе герметизации, передаче тепла и безопасности по критичности (эффективность системы локализации и характеристики поглотителей нейтронов) конкретных упаковочных комплектов были определены как требования, касающиеся тех важных характеристик конструкции/изготовления, имеющих отношение к безопасности, которые необходимо проверять после изготовления и перед использованием.

501.2. На этапе проектирования упаковок, следует готовить документы, чтобы определить, как требования пункта 501 полностью выполняются для каждого изготовленного упаковочного комплекта. Каждый необходимый документ должен быть согласован (т. е. подписан) лицами, непосредственно ответственными за каждый этап изготовления. Следует регистрировать конкретные параметры, даже когда они находятся в пределах допуска. Готовые документы должны быть сохранены в архиве в соответствии с требованиями обеспечения качества (см. пункт 310).

501.3. В случае системы герметизации с проектным давлением, превышающим 35 кПа, в соответствии с требованиями пункта 501(a), следует подтверждать, что система герметизации в изготовленном состоянии обеспечивает достаточное функционирование. Это может быть выполнено, например, посредством испытания. Для упаковочных комплектов с клапанами для заполнения/сброса давления эти отверстия могут быть использованы для создания в системе герметизации

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

проектного давления. Если система герметизации не имеет таких проходок, то сосуд и его крышка могут потребовать отдельных испытаний с использованием специальных приспособлений. В процессе этих испытаний, следует проверить целостность уплотнений, используя процедуры, установленные для нормального использования упаковки.

501.4. При проведении испытаний и инспекций упаковочных комплектов после изготовления, чтобы оценить эффективность защиты, в соответствии пунктом 501(b), компоненты защиты могут быть проверены путем испытания излучением узла в сборе. Источник излучения для этого испытания не обязательно должен быть материалом, предназначенным для перевозки, но следует позаботиться, чтобы защитные свойства были правильно оценены в соответствии с энергией, энергетическим спектром и типом излучения. Особое внимание следует уделять гомогенности материалов упаковочного комплекта и возможности локального увеличения уровней излучения в местах соединений. Методы испытания целостности радиационной защиты упаковок см. в [1, 2] и в пунктах 656.13-656.18.

501.5. Следует оценивать целостность системы герметизации, используя подходящие испытания на соответствие скорости утечки требованиям пункта 501(b); см. пункты 656.1-656.12 и 656.21-656.24.

501.6. В объем проверки теплопередающих характеристик упаковочного комплекта на соответствие пункту 501(b) следует включать проверку размеров и уделять специальное внимание вентиляционным отверстиям, излучательной и поглощающей способности поверхностей, и непрерывности теплопроводящих путей. Проверочные испытания, которые в общем случае могут потребоваться только для прототипа упаковки, могут быть проведены с использованием электрических нагревателей вместо радиоактивного источника.

501.7. Хотя система локализации включает в себя содержимое упаковки, только компоненты упаковочного комплекта, являющиеся элементами системы локализации, после изготовления и перед первой перевозкой необходимо подвергать проверке и/или испытанию на соответствие требованиям пункта 501(b). Любую проверку и/или испытание делящегося материала следует выполнять перед каждой перевозкой (смотри пункт. 502.2 или 501.8 по обстоятельствам). Следует проводить проверки размеров и материалов необходимых элементов контейнера и сварных швов, чтобы гарантировать, что компоненты системы локализации изготовлены и расположены в соответствии с проектом.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Испытания наиболее часто будут касаться гарантирования наличия и распределения поглотителей, как это обсуждается в пункте 501.8.

501.8. В случаях, когда безопасность по критичности зависит от присутствия нейтронных поглотителей, как отмечается в пункте 501(c), предпочтительнее, чтобы нейтронный поглотитель был твердым телом и неотъемлемой частью контейнера. Поглотители в виде растворов или поглотители, растворимые в воде, не соответствуют этому требованию, потому что их непрерывное присутствие не может быть гарантировано. Процедурой подтверждения или испытания следует гарантировать, что присутствие и распределение нейтронного поглотителя среди элементов упаковочного комплекта, соответствуют принятым в оценке безопасности по критичности. Только обеспечение количества поглощающего нейтроны материала не всегда достаточно, поскольку распределение нейтронных поглотителей среди компонентов упаковочного комплекта, или внутри самого содержимого, может иметь значительное влияние на коэффициент размножения нейтронов в системе. Неопределенности методов подтверждения следует учитывать при проверке на соответствие оценкам безопасности по критичности.

501.9. Дополнительную информацию, см. в [3, 4].

ТРЕБОВАНИЯ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ВЫПОЛНЕНИЮ ПЕРЕД КАЖДОЙ ПЕРЕВОЗКОЙ

502.1. Необходимо, чтобы дополнительно к требованиям, налагаемым ST-1 к определенным упаковкам перед их первой перевозкой (пункт 501), удовлетворялись другие требования ST-1 (пункт 502) перед каждой перевозкой любой упаковки, чтобы повысить уровень соблюдения Правил и обеспечить безопасность. Эти требования включают проверку, гарантирующую, что в процессе перевозки используется только соответствующее приспособления для подъема, и подтверждение того, что требования сертификатов об утверждении выполнены, и продемонстрирована стабильность температурного режима и давления. Во всех случаях эти требования считаются необходимыми для снижения вероятности перевозки ненадежной упаковки в населенном регионе и направлены на предотвращение ошибки человека.

502.2. Процедуры проверки и испытаний следует разрабатывать так, чтобы гарантировать выполнения требований пунктов 502(a) и 502(b).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Обеспечение соблюдения следует документировать как часть программы обеспечения качества (см. пункт 310).

502.3. Сертификат об утверждении (см. пункты 502(c)-(h)) является свидетельством того, что конструкция отдельной упаковки удовлетворяет нормативным требованиям и, что упаковка может быть использована для перевозки. Положения пункта 502 предназначены для гарантии того, что индивидуальная упаковка продолжает соответствовать этим требованиям. Каждую проверку следует документировать и согласовывать (например, подписывать) с лицом непосредственно ответственным за эту операцию. Конкретные параметры следует регистрировать даже тогда, когда они находятся в пределах допусков, и сравнивать с результатами предыдущих испытаний так, чтобы любой признак ухудшения мог быть виден. Заполненные документы следует сохранять в архиве в соответствии с требованиями обеспечения качества (см. пункт 310).

502.4. В сертификатах об утверждении для упаковок, содержащих делящийся материал, указывается разрешенное содержимое упаковки (см. пункты 418 и 833). Перед каждой перевозкой следует проверить, что делящееся содержимое имеет характеристики, представленные в перечне разрешенного содержимого. Если сменные поглотители нейтронов или другие сменные устройства, контролирующие характеристики критичности, специально разрешены сертификатом, то проверками и/или испытаниями, по обстоятельствам, следует убедиться в присутствии, правильном положении и/или концентрации этих поглотителей нейтронов или устройств, управляющих реактивностью. Растворы поглотителей или растворимые в воде поглотители, не соответствуют назначению, поскольку их непрерывное присутствие не может быть гарантировано. Процедурой подтверждения или испытаниями следует гарантировать, что наличие, правильное(ые) положение(я) и/или концентрация(и) нейтронного поглотителя или контролирующих устройств в пределах упаковки соответствуют принятым в оценке безопасности по критичности. Только обеспечения количества контролирующего материала не всегда достаточно, поскольку его распределение в пределах упаковки может иметь значительное влияние на реактивность системы.

502.5. Чтобы соответствовать требованиям пункта 502(d), следует разрабатывать и сопровождать детальные процедуры, гарантирующие путем измерения давления и температур в течение длительного периода, что достигнуто стабильное, стационарное состояние. При выполнении

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

любого испытания, следует гарантировать, что выбранный метод обеспечивает необходимую чувствительность и не приводит к нарушению целостности упаковки. Факт несоответствия с требованиями по утвержденной конструкции следует полностью документировать и информировать о нем компетентные органы, утвердившие конструкцию.

502.6. Каждая из упаковок типа B(U), типа B(M) и типа C должна быть испытана, после закрытия и перед перевозкой, чтобы гарантировать соответствие требуемым нормам по герметичности (см. пункт 502(e)). Некоторые национальные регулирующие органы могут разрешить составную процедуру проверки, за которой следует менее строгое испытание на утечку, как представляющее эквивалентное доверие по выполнению требований к конструкции. Примером составной процедуры проверки может быть:

> *Сначала тщательно осмотрите и/или проверьте полностью систему герметизации пустого упаковочного комплекта. Затем в упаковочный комплект может быть загружено радиоактивное содержимое, и далее необходимо осмотреть и/или проверить, как часть составной процедуры проверки, только элементы закрывающего устройства, которые были открыты при загрузке.*

В случае упаковок, где система герметизации обеспечивается радиоактивным материалом особого вида, соответствие может быть продемонстрировано наличием сертификата, который подготовлен в рамках действия программы обеспечения качества и который гарантирует герметичность используемого источника. Компетентный орган заинтересованного государства должен быть проконсультирован в отношении того, что такая процедура предусмотрена.

502.7 Требования испытаний на утечку для упаковок типа B(U), типа B(M) и типа C, включая проводимые испытания, частоту испытаний и чувствительность испытаний, основаны на максимально допустимых скоростях утечки и стандартизированных скоростях утечки, которые были рассчитаны для упаковок для нормальных и аварийных условий, как описано в стандарте ISO 12807 [5]. Крайне чувствительные предперевозочные испытания на утечку могут не требоваться для некоторых упаковок типа B, это зависит, например, от содержимого материала и соответствующей допустимой скорости утечки. Примером такого материала может быть материал, удельная активность которого превышает предел, установленный для материалов НУА-II, но он не

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

квалифицирован, как материал НУА-III. Физические характеристики такого материала могут включать ограниченную концентрацию активности и физическую форму, которая уменьшает рассеяние материала, как это обсуждалось в пунктах 226.14–226.20. Для упаковок, содержащих такой материал, могут потребоваться предперевозочные испытания на утечку, но испытания могут быть простыми прямыми испытаниями, такими как качественные испытания на газовое или мыльное пузырение, или количественные испытания по падению и росту давления, как описано в стандарте ISO 12807 или стандарте ANSI N.14.5–1977 [4].

502.8. Относительно пункта 502(g), измерением, определенным пунктом 674(b), следует удостовериться, что облученное ядерное топливо находится в диапазоне условий, для которых при оценке безопасности по критичности продемонстрировано соответствие критериям пунктов 671–682. Обычно, первичными условиями, предлагаемыми для использования при оценке безопасности облученного ядерного топлива с известным обогащением, являются выгорание и характеристики распада и, если так, эти параметры, должны быть проверены измерением. Методы измерения должны зависеть от вероятности ошибочной загрузки топлива и от величины запаса подкритичности из-за облучения. Например, с ростом числа топливных элементов с различным облучением, хранимых в бассейне выдержки реактора, и длительности интервала времени от выгрузки до перевозки возрастает вероятность ошибочной загрузки. Аналогично, если при оценке критичности использовалось облучение 10 ГВт·сут/МтU, но загрузка топлива в упаковки с облучением менее 40 ГВт·сут/МтU не разрешена сертификатом на конструкцию, проверка облучения измерением с использованием метода, обладающего большой неопределенностью, может быть достаточной. Однако, если в оценках критичности использовалось облучение 35 ГВт·сут/МтU, то метод измерения для проверки облучения должен быть значительно более надежным. Критерии измерений, которые необходимо выполнять для того, чтобы получить разрешение на загрузку и перевозку топлива, следует ясно определять в сертификате об утверждении. В публикациях [6–9] имеется информация об используемых [6] или предложенных для использования подходах к измерениям [7–9].

502.9. В сертификате об утверждении следует определять все требования по закрытию упаковки, содержащей делящийся материал, которые необходимы, как результат допущений, принятых при выполнении оценки безопасности по критичности, относительно натекания воды внутрь для отдельной изолированной упаковки (см. пункт 677). Следует выполнять

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

проверки и/или испытания, чтобы убедиться, что все специальные средства для предотвращения протечки воды внутрь использованы.

ПЕРЕВОЗКА ДРУГИХ ГРУЗОВ

504.1. Цель этого требования состоит в том, чтобы предотвратить радиоактивное загрязнение других грузов. См. также пункты 513.1–513.4 и пункт 514.1.

505.1. Это положение дает возможность грузоотправителю, включить в партию груза на условиях исключительного использования другие грузы, предназначенные для того же грузополучателя при определенных условиях. Грузоотправитель несет первичную ответственность за обеспечение соблюдения Правил.

506.1. Опасные грузы могут реагировать друг с другом, если есть возможность контакта. Это может произойти, например, в результате утечки коррозионного вещества или аварии, вызвавшей взрыв. Чтобы свести к минимуму возможность нарушения целостности системы герметизации упаковок с радиоактивными материалами вследствие их взаимодействия с другими опасными грузами, во время перевозки и хранения они должны быть отделены от других опасных грузов. Степень требуемого разделения обычно устанавливается каждым государством или признанными транспортными организациями, (Международной Морской Организацией (IMO), Международной Организацией Гражданской Авиации (ICAO) и другими).

506.2. Информация о конкретных требованиях к хранению, складированию и разделению содержится в регулирующих документах по перевозкам международных транспортных организаций [10–15] и в положениях, сформулированных в нормативных документах отдельных государств. Так как эти требования и положения часто корректируются, следует обращаться к текущим изданиям, чтобы придерживаться самых последних требований.

ДРУГИЕ ОПАСНЫЕ СВОЙСТВА СОДЕРЖИМОГО

507.1. Правила обеспечивают приемлемый уровень контроля излучения и опасности по критичности, связанный с перевозкой радиоактивного

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

материала. С одним исключением (в отношении UF_6) Правила не охватывают опасности, которые могут явиться следствием физического/химического состояния (формы), в котором радионуклиды перевозятся. В некоторых случаях, такая дополнительная опасность может превышать радиационную опасность. Соблюдение положений Правил, следовательно, не освобождает пользователей от необходимости учитывать все другие потенциально опасные свойства содержимого.

507.2. Настоящее издание Правил впервые включает положения относительно упаковок, предназначенных для гексафторида урана (UF_6), основанные как на наличии присущих ему опасностей, т. е. излучения/критичности, так и химической угрозы. Гексафторид урана является единственным продуктом, для которого такие дополнительные опасности приняты во внимание в формулировке положений настоящих Правил (см. пункт 629).

507.3. Рекомендации ООН по перевозке опасных грузов [16] классифицируют все радиоактивные материалы, как Класс 7, хотя другие опасные свойства некоторых материалов (как, например, освобожденные радиоактивные материалы с многочисленными видами опасности), могут быть более значимыми. Рекомендации ООН предписывают выполнение испытаний для упаковочных комплектов для всех опасных грузов и классифицируют их следующим образом:

Класс 1 – Взрывчатые вещества
Класс 2 – Газы (сжатые, сжиженные, растворенные под давлением или глубокоохлажденные)
Класс 3 – Легковоспламеняющиеся жидкости
Класс 4 – Легковоспламеняющиеся твердые вещества; вещества спосспособные самовозгораться; вещества, выделяющие легковоспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой;
Класс 5 – Окисляющие вещества; органические перекиси
Класс 6 – Токсичные и инфекционные вещества
Класса 7 – Радиоактивные материалы
Класса 8 – Коррозионные вещества
Класса 9 – Другие опасные вещества и предметы.

507.4. Дополнительно к выполнению требований Правил относительно их радиоактивных свойств, радиоактивные грузы должны подчиниться требованиям, определенным соответствующими международными транспортными организациями, и применимым положениям, принятым

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

отдельными государствами, для любых других опасных свойств. Это включает, например, требования по нанесению этикеток и информации, которую нужно приводить в транспортных документах, а также может включать дополнительные требования к конструкции упаковки и утверждению соответствующими компетентными органами.

507.5. Если требования к упаковкам, определенные соответствующими международными организациями в отношении дополнительной опасности являются более серьезными, чем те, которые устанавливают Правила МАГАТЭ относительно радиационного риска, то требования в отношении дополнительной опасности будут устанавливаться стандартом [16].

507.6. Для радиоактивного материала перевозимого под давлением, или, если внутреннее давление может возрастать в процессе перевозки при температурных условиях, определенных в Правилах, либо, если упаковка может быть опрессована при заполнении или опорожнении, то такая упаковка может попасть под действие свода правил для сосудов под давлением соответствующих государств-членов МАГАТЭ.

507.7. Проводимые испытания упаковочных комплектов для грузов с опасными свойствами, отличными от радиоактивности, предписаны в Рекомендациях ООН [16].

507.8. Дополнительные этикетки, указывающие на дополнительную опасность, следует размещать так, как это предусмотрено национальными и международными транспортными правилами.

507.9. Так как правила, вводимые международными транспортными организациями, а также государствами – членами МАГАТЭ часто корректируются, следует обращаться к текущим изданиям, чтобы установить, какие дополнительные положения нужно применять относительно дополнительной опасности.

ТРЕБОВАНИЯ И КОНТРОЛЬ В ОТНОШЕНИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И УПАКОВОК С УТЕЧКОЙ

508.1. Правила устанавливают пределы для нефиксированных загрязнений на поверхностях упаковок и транспортных средств в обычных условиях перевозки (см. пункт 106). Пределы для поверхностей упаковок выводятся из радиационной модели, разработанной Фэйрберном [17] для

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Правил издания 1961 года. Вкратце, путями облучения были определены: внешнее бета-облучение кожи, пероральное поступление и ингаляция взвешенного материала. Разнообразие радионуклидов было ограничено наиболее опасными радионуклидами общего применения, а именно, Pu-239 и Ra-226 в случае альфа-излучателей и Sr-90 в случае бета-излучателей. Эти выведенные пределы соответствуют величинам, которые в целом были приняты в лабораториях и для рабочих зон на производстве, и были, таким образом, консервативными для транспортных упаковок, для которых ожидалось, что время облучения и время обслуживания будет значительно меньшим, чем для рабочих в лабораториях или на действующих производствах. После этого вывода, несмотря на изменения параметров радиационной защиты, пределы загрязнения для перевозок не изменялись. В ходе разработки Правил издания 1996 года подход, учитывающий конкретные радионуклиды, был отвергнут на основании того, что он был бы непрактичным и не являлся бы необходимым, а имеющиеся пределы виделись, как продолжающие быть достаточно осторожными. Независимо от метода, использованного для определения предела, оптимизация играет роль в уменьшении уровней загрязнения на транспортных упаковках, до уровней которые так низки как это разумно достижимо, с должным учетом накопления дозы в ходе дезактивации. Существующие величины вызывают малые дозы при перевозке.

508.2. В случае упаковок, загрязненных альфа-излучателями, путь облучения, который обычно определяет предел загрязненности, является ингаляция материала, который был взвешен с поверхности упаковок. Значение коэффициента повторного взвешивания (в Бк/см^3 на Бк/см^2) неопределенно, но исследования в этой области были рассмотрены в отчете, опубликованном в 1979 г. [18]. Широкий диапазон публикуемых величин перекрывает рекомендованную МАГАТЭ [19] для общего использования величину 5×10^{-5}/м, в которой учтена вероятность того, что только часть взвешенной активности может быть во вдыхаемой форме. В большинстве случаев уровень нефиксированного загрязнении измеряется непрямым способом путем вытирания известной площади поверхности фильтровальной бумагой или ватой, или сухим хлопком или другим материалом аналогичной природы. На практике принято полагать, что активность мазка составляет только 10% от общего нефиксированного загрязнения, присутствующего на поверхности. Часть мазка включает в себя активность, которая наиболее легко поддается повторному взвешиванию. Оставшаяся на поверхности мазка активность представляет собой загрязнения, которые труднее поддаются повторному

взвешиванию. Соответствующее значения коэффициента повторного взвешивания для применения к полному количеству нефиксированных загрязнений на поверхности транспортной упаковки составляет величину порядка 10^{-5} /м. При годовом времени облучения 1000 часов в атмосферу, содержащую взвеси с поверхности упаковок, загрязненных Pu-239 при 0.4 Бк/см^2 и коэффициенте повторного взвешивания 10^{-5}/м, годовая эффективная доза составляет около 2 мЗв. В случае загрязнения Ra-226, годовая эффективная доза может быть порядка 0,1 мЗв. Для большинства бета-/гама-излучателей путь облучения, который определяет предел, представляет облучение нижних (базальных) клеток кожного покрова. Рекомендации МКРЗ (ICRP) [20] 1990 года оставляют величину 7 мг/см^2 в качестве номинальной глубины нижних клеток кожи, но расширяют диапазон глубины до 2–10 мг/см^2. Ряд исследований [21–23] предоставляет коэффициенты пересчета мощность-доза при номинальной глубине 7 мг/см^2, или для дипазона 5–10 мг/см^2. Кожа загрязненная Sr-90/Y-90 при 4 Бк/см^2 в течение 8 часового рабочего дня может вызвать эквиалентную дозу облучения на кожу около 20 мЗв/год, которую следует сравнивать с годовым пределом 500 мЗв [24]. Здесь предполагается коэффициент переноса с поверхности упаковки на поверхность кожи, равный единице.

508.3. На практике, загрязнение, которое представляется фиксированным, может стать нефиксированным в результате влияния погодных условий, проведения работ, и т.п. В большинстве случаев, где наружные поверхности небольших упаковок слегка загрязнены, загрязнение является почти полностью удаляемым или нефиксированным, и это следует отражать в методах измерения. В некоторых ситуациях, однако, таких как в случае контейнеров для топлива, когда они погружаются в загрязненную охлаждающую воду бассейна для загрузки облученного топлива, это не обязательно так. Загрязняющие вещества, такие как Cs-137, могут сильно загрязнить поверхность, или проникнуть в поверхность стали. Загрязнение может укорениться в порах, тонких трещинах и расщелинах, особенно около уплотнения крышки. Последующее погодное влияние – атмосферные воздействия, дождь или влажная атмосфера может приводить к тому, что загрязнения будут покидать поверхность или становиться нефиксированными. Следует до перевозки использовать соответствующие методы дезактивации для снижения уровня загрязнения до такой степени, чтобы можно было ожидать, что в процессе перевозки уровень нефиксированных загрязнений не превысит установленных пределов. Следует сознавать, что в некоторых случаях пределы для нефиксированного загрязнения могут быть превышены в конце перевозки. Однако, эта ситуация обычно не

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

представляет значительной опасности из-за пессимистических и консервативных предположений, использованных в расчете пределов для нефиксированных загрязнений. В таких ситуациях, грузополучателю следует информировать грузоотправителя для того, чтобы последний мог определить причины и свести к минимуму такие случаи в будущем.

508.4. Во всех случаях, уровни загрязнения на внешних поверхностях упаковок следует сохранять на разумно достижимом низком уровне. Наиболее эффективным путем, гарантирующим это, является предохранение поверхностей от загрязнения. Методы разгрузки, погрузки и обслуживания следует анализировать в отношении выполнения этого требования. В конкретном случае контейнеров с топливом, упомянутом выше, следует время погружения в бассейн сводить к минимуму и разрабатывать эффективные методы дезактивации. Области уплотнений следует очищать, где это возможно, с помощью водяного распылителя под высоким давлением и особое внимание следует уделять уменьшению попадания загрязненной воды между крышкой и корпусом контейнера. Использование «юбки» для ограничения контакта с загрязненной водой в охлаждающем бассейне может предотвратить загрязнения поверхностей контейнера. Если это не возможно, использование удаляемых красок, предварительное увлажнение чистой водой и как можно более раннее начало очистки могут существенно уменьшить поглощение загрязнения поверхностью. Особое внимание следует уделять удалению загрязнения из областей соединений и уплотнений. По возможности следует также избегать загрязнения поверхностей другими материалами. Удаление таких загрязнений с поверхности удаляет грязь и одновременно изнашивает подложный слой, особенно если последний сравнительно мягкий, например краска или пластмасса. Таким образом, износ поверхности может добавить нефиксированных загрязнений либо в виде свободной грязи, которая сама становится загрязнением, либо при вытирании грязной поверхности, извлекающем радиоактивные загрязнения с подложного слоя. Краски и пластмассы подвержены воздействию солнечных лучей. Среди других эффектов, ультрафиолетовое излучение окисляет краску и пластиковые поверхности, усиливая тем самым способность к обмену катионами. Это порождает усиленное загрязнение поверхностей, подвергнутых воздействию внешней среды, некоторыми растворимыми загрязнителями.

508.5. Необходимо иметь в виду, что если все упаковки имеют загрязнения близкие к предельным, то обслуживание и хранение таких упаковок в транзитных зонах, терминалах аэропортов на сортировочных станциях и т.д. может привести к появлению загрязнения рабочих

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

площадей. Следует проводить проверки, чтобы быть уверенным в отсутствие этого в помещениях, где упаковки регулярно обслуживаются. Аналогично, рекомендуется время от времени проводить проверки перчаток и других предметов одежды персонала, обычно обслуживающего упаковки.

508.6. В Правилах не установлены специальные пределы для уровней фиксированного загрязнения упаковок, так как внешнее излучение с их поверхности будет объединяться с проникающим излучением от содержимого упаковок, а уровни результирующего излучения от упаковок контролируются другими специальными требованиями. Однако, пределы для фиксированных загрязнений установлены для транспортных средств (см. пункт 513), чтобы свести к минимуму риск, того, что загрязнение может стать нефиксированным в результате изнашивания, из-за влияния атмосферных воздействий, и т.п.

508.7. В ограниченных случаях, измерение загрязнения может быть проведено путем непосредственного считывания показаний монитора загрязнений. Такое измерение будет включать, как фиксированные, так и нефиксированные загрязнения. Оно будет реалистичным только там, где уровень фонового излучения от установки, где измерение выполнено или уровень излучения от содержимого не создают помех. В большинстве случаев уровень нефиксированных загрязнений должен измеряться непрямыми методами, путем протирания известной площади поверхности для получения мазка и измерением затем результирующей активности мазка в месте, не подверженном воздействию фона от других источников.

508.8. Выведенные пределы для нефиксированных загрязнений применимы к среднему уровню на площади не менее 300 см^2 или к упаковке в целом, если общая поверхность упаковки менее чем 300 см^2. Уровень нефиксированных загрязнений может быть определен путем протирки площади 300 см^2 вручную с помощью фильтровальной бумаги, ваты, сухого хлопка или другого материала аналогичной природы. Следует обеспечить, чтобы число мазков, взятых с большой упаковки, было бы представительным для всей поверхности; их следует брать с областей поверхности, о которых известно или предполагается, что они загрязнены выше, чем остальные. Для обычных исследований на очень больших упаковках, таких как контейнеры с облученным топливом, обычной практикой является выбор большого количества фиксированных общих позиций, чтобы облегчить определение проб и тенденций. Следует позаботиться о том, чтобы не одни и те же поверхности

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

подвергались проверке в каждом случае, так как это может оставить большие площади упаковки непроверенными, и создать тенденцию «чистить» проверяемые области.

508.9. Активность мазка может быть измерена или с помощью портативного монитора загрязнений или с помощью стандартного счетчика. Следует быть внимательным при переводе скорости счета в поверхностную активность, поскольку ряд факторов, таких как эффективность счета, геометрические факторы, калибровка счетчика и доля загрязнения, удаленная с поверхности на мазок, будут влиять на конечный результат.

508.10. Чтобы избегать недооценки, энергия бета-излучения калибровочного источника, использованного для счетчика, не должна быть больше, чем энергия бета-излучения загрязняющего вещества. Доля загрязнения удаленного при взятии мазка, на практике, может изменяться в широком диапазоне в зависимости от природы поверхности, природы загрязняющего вещества, давления применяемого при мазке, площади контакта использованного материала с поверхностью, метода стирания (например пропуская части площади 300 см^2 или дважды протирая их) и точности, с которой оператор оценивает площадь 300 см^2. При обычной практике принято полагать, что удаленная доля загрязнений составляет 10%. Это обычно рассматривается как консервативная оценка, т.е. полученный результат переоценивает уровень загрязнения. Другие значения удаляемой доли загрязнений могут приниматься только в том случае, если они подтверждены экспериментально.

508.11. Пользователям следует разрабатывать специальные методы измерения загрязнения поверхности, соответствующие специфике условий. Такие методы включают использование мазков и подходящих дозиметрических приборов. Приборы и детекторы следует выбирать с учетом возможных радионуклидов, которые должны измеряться. Особое внимание следует уделять выбору приборов с подходящей энергетической зависимостью, если присутствуют альфа- и бета-излучатели с низкими энергиями. Следует признать, что размер мазка и размер чувствительной области детектора являются важными показателями при определении общей эффективности.

508.12. Операторов следует адекватно обучать, чтобы гарантировать, что образцы взяты соответствующим способом. Сравнение между операторами может быть весьма полезным в этом отношении. Внимания

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

заслуживают трудности, которые будут возникать, если различные организации будут использовать не полностью совместимые методы, особенно в обстоятельствах, когда не практикуется поддержание уровней нефиксированных загрязнений близко к нулевым значениям.

509.1. См. пункты 508.1–508.12.

510.1. Главная цель проверки квалифицированным персоналом, состоит в том, чтобы оценить действительно ли произошла утечка или потеря целостности защиты, или ожидается, что это могло бы произойти, и либо дать гарантию безопасности упаковки в пределах, установленных Правилами, либо, если это не так, оценить степень повреждения или утечки и радиологические последствия. В редких случаях может возникнуть необходимость расширения объема осмотров и исследований на пройденную часть маршрута перевозки, на транспортные средства и на оборудование по обращению с грузом, чтобы выявить и очистить все загрязненные площади. Может потребоваться включить в исследования оценку внешней дозы и возможного поглощения радиоактивности транспортными рабочими и лицами из населения.

510.2. Транспортные средства, содержащие поврежденные упаковки, у которых, как представляется, имеет место протечка, или они выглядят сильно надрезанными или проломленными, следует задерживать и изолировать до тех пор, пока квалифицированные специалисты не объявят их безопасными.

513.1. Перевозочные средства могут загрязниться нефиксированными загрязнениями с поверхности упаковок в процессе перевозки радиоактивного материала. Если перевозочное средство стало загрязненным выше установленного уровня, его следует очистить, по крайней мере, до приемлемого уровня. Это положение не применяется к внутренним поверхностям перевозочного средства, при условии, что оно остается предназначенным для перевозки радиоактивных материалов или объектов с поверхностным радиоактивным загрязнением в условиях исключительного использования (см. пункт 514.1).

513.2. Пределы также установлены для фиксированных загрязнений, чтобы свести к минимуму риск, связанный с их переходом в нефиксированное состояние, в результате истирания, влияния атмосферных воздействий и т.п.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

513.3. Если нефиксированное загрязнение на перевозочном средстве превышает пределы, установленные в пункте 508 Правил, перевозочное средство следует дезактивировать, и, вслед за этим следует провести измерение фиксированного загрязнения. Уровень излучения, являющийся следствием фиксированного загрязнения на поверхностях, может быть измерен с использованием портативного прибора подходящего диапазона, удерживая его около поверхности перевозочного средства. Такие измерения следует проводить только перед загрузкой перевозочного средства.

513.4. Если упаковки, имеющие сравнительно высокие уровни фиксированного загрязнения, обслуживаются одними и теми же транспортными рабочими, может возникнуть необходимость учитывать не только проникающее излучение, но также не проникающее излучение от этого загрязнения. Эффективная доза, полученная рабочими от проникающего излучения, может быть достаточно низка, так что индивидуальный мониторинг не требуется. Если известно, что уровень фиксированных загрязнений может быть высоким, то может быть разумным введение оперативного предела, что предотвратит нежелательное облучение рук рабочих.

513.5. Для измерения мощности дозы от поверхности, см. пункты 233.1–233.6.

514.1. В то время как обычной хорошей практикой является дезактивировать транспортный пакет, грузовой контейнер, резервуар, контейнер средней грузоподъемности для массовых грузов или перевозочное средство как можно быстрее, чтобы они могли быть использованы для других материалов, существуют ситуации, например перевозка урановых или ториевых руд, когда перевозочное средство специально предназначено для перевозки радиоактивных материалов, включая неупакованные радиоактивные материалы, и является постоянно загрязненным. В случаях, где общей практикой является использование специально предназначенных перевозочных средств, по применимости предоставляется возможность исключения необходимости быстрой дезактивации этих перевозочных средств, резервуаров, транспортных пакетов, контейнеров средней грузоподъемности для массовых грузов или грузовых контейнеров, на тот период, пока эти перевозочные средства, резервуары, транспортные пакеты, контейнеры средней грузоподъемности для массовых грузов или грузовые контейнеры остаются специально предназначенными для такого использования. Очистка внутренних поверхностей после каждого

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

использования могла бы привести к нежелательному облучению рабочих. С другой стороны, наружные поверхности, которые непрерывно открыты в окружающую среду, и которые обычно значительно легче дезактивировать, следует очищать ниже применяемых пределов, после каждого использования. Следует отметить, что действие пункта 414 Правил издания 1985 г. было ограничено материалами с низкой удельной активностью и объектами с поверхностным радиоактивным загрязнением. Теперь это положение расширено, чтобы охватить все радиоактивные материалы.

ТРЕБОВАНИЯ И КОНТРОЛЬ В ОТНОШЕНИИ ПЕРЕВОЗКИ ОСВОБОЖДЕННЫХ УПАКОВОК

515.1. Освобожденными упаковками являются упаковки, в которых разрешенное радиоактивное содержимое ограничено такими низкими уровнями, что потенциальный риск незначителен, и, следовательно, не требуется никаких испытаний относительно целостности системы герметизации или защиты (см. также пункты 517.1–517.5).

516.1. Требование, чтобы уровень излучения на поверхности освобожденных упаковок не превышал 5 мЗв/час, было установлено для того, чтобы гарантировать, что чувствительный фотографический материал не будет поврежден и, что любая доза облучения лиц из населения будет незначительной.

516.2. Обычно полагается, что радиационное воздействие, не превышающее 0.15 мЗв, не приводит к неприемлемому образованию вуали на не проявленной фотопленке. Упаковку, содержащую такую фотопленку, необходимо было бы оставить рядом с освобожденными упаковками, имеющими максимальный уровень излучения в контакте 5 мЗв/час, на время более 20 часов, чтобы получить предписанный предел дозы обзлучения 0.1 мЗв (см. пункты 307.1–307.3).

516.3. На основании тех же аргументов нет необходимости специально разделять освобожденные упаковки и людей. Любая доза излучения для пассажиров будет незначительной, даже если такая упаковка будет перевозиться в пассажирском салоне транспортного средства.

516.4. Для измерения уровня излучения, следует использовать подходящий прибор, т.е. он должен быть чувствительным и откалиброванным по

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

отношению к тому типу излучения, которое нужно измерять. В большинстве случаев необходимо принимать во внимание только проникающее излучение (гамма-лучи и нейтроны). Чтобы установить уровень излучения на поверхности упаковки, обычно достаточно считать показание прибора, если он удерживается у поверхности упаковки. Следует, по возможности, использовать небольшие приборы по сравнению с размером упаковки. Ввиду обычно небольших размеров освобожденных упаковок, приборы с небольшой детекторной камерой (трубка Гейгера-Мюллера, сцинтилляционный измеритель или ионизационная камера), являются наиболее подходящими для этой цели. Следует обеспечить, чтобы инструмент был надежным, в хорошем состоянии, правильно обслуживался, был откалиброван и обладал характеристиками, приемлемыми в практике защиты от излучения.

517.1. Пределы для радиоактивного содержимого освобожденных упаковок таковы, что риск, связанный с полным выходом их содержимого соответствует риску выхода части содержимого для упаковки типа А. (см. Приложение I).

517.2 Пределы, отличные от основных пределов, допускаются, если радиоактивный материал содержится внутри или образует часть прибора или иного промышленного изделия, где обеспечена дополнительная степень защиты от выхода материала в случае аварии. Дополнительная степень защиты оценивается в большинстве случаев коэффициентом 10, приводя, таким образом, в подобных случаях к пределам, в 10 раз превышающим основные пределы. Коэффициент 10, использованный в этом и других отклонениях от основных пределов, разработан, как прагматичный показатель.

517.3. Дополнительная степень защиты не имеет места в случае газов, поэтому пределы для приборов и промышленных изделий, содержащих газовые источники, остаются такими же, как и пределы для освобожденных упаковок, содержащих газы, не заключенные в приборах или изделиях.

517.4. Упаковочный комплект уменьшает как вероятность повреждения содержимого, так и вероятность выхода из упаковки радиоактивного материала в твердой или жидкой форме. Соответственно, пределы для освобожденной упаковки с приборами и промышленными изделиями, содержащими твердые или жидкие источники, установлены в 100 раз выше, чем для отдельного прибора или изделия.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

517.5. Для упаковок с приборами и изделиями, содержащими газовые источники, упаковочный комплект может обеспечить определенную защиту от разрушения, но он не может существенно снизить утечку газов, которые могут выйти внутри него. Поэтому пределы для освобожденных упаковок с приборами и изделиями, содержащими газовые источники, были установить только в 10 раз выше, чем пределы для отдельного прибора или изделия.

518.1. Основной предел активности для твердого материала не особого вида, который может перевозиться в освобожденной упаковке, равен $10^{-3}A_2$. Этот предел для освобожденной упаковки был получен на основе допущения о 100% выходе радиоактивного содержимого в случае аварии. Максимальная активность выхода для такого события, т.е. 10^{-3} A_2, сравнима с предполагаемым выходом части содержимого для упаковки типа А в дозиметрических моделях, использованных при определении значения A_2. (см. Приложение I).

518.2. В случае твердого материала не особого вида, вероятность выхода какого-либо рассеиваемого радиоактивного материала очень мала. Таким образом, если только радиотоксичность представляла бы собой единственную опасность, которую необходимо контролировать, то значительно более высокий предел для активности мог бы быть принят для твердых материалов не особого вида в освобожденных упаковках. Однако природа материалов особого вида не обеспечивает какой-либо дополнительной защиты, когда дело касается опасности внешнего излучения. Поэтому пределы для освобожденных упаковок, содержащих материалы особого вида, базируется скорее на A_1, чем на A_2. Основной предел, выбранный для твердого материала особого вида, равен $10^{-3}A_1$. Он ограничивает мощность внешней эквивалентной дозы от неочищенного материала особого вида одной тысячной долей от мощности, использованной при определении значений A_1.

518.3. Для газообразного материала аргументы аналогичны аргументам для твердого материала, и поэтому основные пределы для освобожденных упаковок, содержащих газообразные материалы, также равны 10^{-3} A_2 для материалов не особого вида, и 10^{-3} A_1 для материалов особого вида. Необходимо отметить, что в случае одноэлементных газов пределы для упаковок крайне пессимистичны, так как вывод значения A_2 уже содержит предположение о 100% рассеянии (см. Приложение I).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

518.4. Газообразный тритий приведен отдельно поскольку фактическая величина A_2 для трития значительно превышает значение 40 ТБк, представляющее собой обычно максимум для величин A_2. Значение $2\times10^2 A_2$ консервативно по сравнению с другими газами, даже учитывая преобразование трития в тяжелую воду.

518.5. В случае жидкостей применяется дополнительный коэффициент безопасности 10, поскольку считается, что при аварии существует большая вероятность разлива. Поэтому основной предел для освобожденных упаковок с жидкими материалами установлен равным $10^{-4} A_2$.

519.1. Назначение неактивной оболочки состоит в том, чтобы покрывать внешние поверхности урана или тория и защищать их от изнашивания, поглощать исходящее альфа-излучение и уменьшать уровень бета-излучения на доступных поверхностях изделия. Оболочка может также использоваться, для контроля ввиду окисления урана или тория и возможного последующего появления нефиксированного загрязнения на наружных поверхностях таких изделий.

519.2. Примерами промышленных изделий из природного урана, обедненного урана или природного тория, являются авиационные противовесы, изготовленные из обедненного урана и покрытые эпоксидной смолой, а также уран, заключенный в металл и используемый, как защита в упаковочных комплектах для рентгеновской и гамма-радиографии и в медицинских терапевтических приборах.

519.3. В случае, когда защита из обедненного урана включена в упаковочный комплект, уран следует покрыть оболочкой из стали, и сплошность покрытия должна быть обеспечена качественной сваркой. В качестве примера, национальные нормы в Соединенных Штатах Америки оговаривают, что стальная оболочка должна иметь толщину не менее 3,2 мм, и снаружи упаковочного комплекта должна быть этикетка, показывающая, что он содержит уран, для того чтобы предохранить его от случайной машинной обработки или от утилизации в качестве металлолома.

Дополнительные требования и контроль в отношении перевозки порожних упаковочных комплектов

520.1. Порожние упаковочные комплекты, которые когда-то содержали радиоактивный материал, представляют собой малую опасность, при

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

условии, что они были тщательно очищены, для снижения уровней нефиксированных загрязнений до значений, определенных в пункте 508 Правил, имеют уровень излучения от внешней поверхности ниже 5 мкЗв/час (см. пункт 516), и находятся в хорошем состоянии, так что могут быть надежно повторно закрыты (см. пункт 520(a)); при этих условиях, порожние упаковочные комплекты могут перевозиться как освобожденные упаковки.

520.2. Следующие примеры описывают ситуации, где положения пункта 520 не применимы:

(a) Порожний упаковочный комплект, который не может быть надежно закрыт из-за повреждения или других механических дефектов, может быть перевезен альтернативными средствами, которые соответствуют положениям Правил, например в специальных условиях;
(b) Порожний упаковочный комплект, содержащий остатки радиоактивного материала, или внутренние загрязнения сверх пределов, установленных для нефиксированных загрязнений, в соответствии с пунктом 520(c), следует перевозить только в категории упаковок, которая соответствует количеству и форме остатка радиоактивного материала и загрязнения.

520.3. Определение остаточной внутренней активности радиоактивного материала внутри «порожнего» упаковочного комплекта (см. пункт 520(c)) может быть трудной задачей. Дополнительно к прямому взятию мазков (обтиранию) могут быть использованы различные методы или их комбинации, включая:

— измерение общей активности;
— прямое измерение радионуклидов; и
— подведение материального баланса, например, путем расчета разницы известной активности или массы содержимого заполненной упаковки и активности или массы удаленной при опорожнении упаковки.
— Независимо от того, какой метод или комбинация методов были использованы, следует позаботиться о том, чтобы предотвратить ненужное и чрезмерное облучение персонала в процессе измерения. Особое внимание следует обратить на возможность высоких уровней излучения, когда система герметизации порожнего упаковочного комплекта открыта.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

520.4. «Остатки» материала имеют тенденцию накапливаться контейнере для UF_6 при опорожнении. Эти «остатки» обычно не являются чистым UF_6, но состоят из материалов (включений), которые не возгоняются так легко, как UF_6, например, UO_2F_2, дочерних продуктов деления урана и трансурановых элементов. Следует принять меры при опорожнении, чтобы гарантировать, что упаковка удовлетворяет требованиям пункта 520, если ее собираются перевозить как порожний упаковочный комплект; и чтобы при повторном заполнении гарантировать, что уровни излучения от локальных «остатков», не являются слишком высокими, чтобы в транспортных документах правильно были учтены «остатки», и чтобы комбинированное содержимое UF_6 и «остатков» удовлетворяло соответствующим требованиям к материалам. Чтобы обеспечить выполнение соответствующих нормативных требований, могут понадобиться соответствующая оценка и очистка при опорожнении или повторном заполнении. Дополнительную информацию см. в [25, 26] и в пункте 549.5.

ТРЕБОВАНИЯ И КОНТРОЛЬ В ОТНОШЕНИИ ПЕРЕВОЗКИ МАТЕРИАЛОВ НУА И ОПРЗ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УПАКОВКАХ И БЕЗ УПАКОВОК

521.1. Концентрации, включенные в определения материалов НУА и ОПРЗ в Правилах издания 1973 г. были таковы, что в случае потери упаковки, разрешенные материалы могли бы произвести уровни излучения, превышающие приемлемый уровень для упаковки типа А в условиях аварий. Поскольку от промышленных упаковок, используемых для перевозки материалов НУА и ОПРЗ, не требуется выдерживать транспортные аварии, в Правила издания 1985 года были введены положения, чтобы ограничить содержимое упаковок до количества, которое позволит удерживать уровень излучения на расстоянии 3 м от незащищенного материала или объекта в пределах 10 мЗв/час. Того, что геометрические изменения материалов НУА и ОПРЗ в результате аварии приведут к значительному повышению этого уровня внешнего излучения, не ожидается. Это ограничивает аварийные последствия, связанные материалом НУА и ОПРЗ, по существу тем же уровнем, который относится к упаковкам типа А, где значение A_1 основано на незащищенном содержимом упаковки типа А, создающем уровни излучения 100 мЗв/час на расстоянии 1 м.

521.2. В случае твердых радиоактивных отходов очень равномерно распределенных в бетонной матрице, помещенной внутрь упаковочного

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

комплекта с толстыми бетонными стенами, для удовлетворения условий пункта 521 защиту из бетонной стены учитывать не следует. Однако уровни излучения на расстоянии 3 м от незащищенной бетонной матрицы могут быть оценены путем прямых измерений вне толстых стен упаковочного комплекта, и затем скорректированы с учетом экранирующего эффекта бетонной стены. Этот метод также может использоваться в случае других типов упаковочных комплектов.

523.1. Согласно пунктам 241(a)(iii) и 523(c), для ОПРЗ-I разрешается иметь нефиксированные загрязнения на недоступных поверхностях сверх величин определенных в пункте 241(a)(i). Такие элементы, как трубопроводы, отделяемые при снятии установки с эксплуатации, следует подготавливать к перевозке неупакованными, так чтобы обеспечить отсутствие выхода радиоактивного материала в перевозочное средство. Это можно делать, например путем использования колпаков или заглушек на обоих концах труб (см. также пункт 241.7).

524.1. Чем выше потенциальный риск от материалов НУА и ОПРЗ, тем более высокую целостность упаковки следует обеспечивать. При оценке потенциальной опасности следует принимать во внимание физическую форму материала НУА.

524.2. См. пункт 226.1.

525.1. Были определены пределы активности для перевозочного средства для материалов НУА и ОПРЗ, при этом учитывалась повышенная опасность, представляемая жидкостями и газами, горючими твердыми веществами и уровнями загрязнения в условиях аварий.

525.2. «Горючие твердые вещества» в таблице V Правил означают все НУА-II и НУА-III в твердой форме, которые способны поддерживать горение или сами по себе, или в пламени.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ИНДЕКСА

526.1. Транспортный индекс (ТИ) является показателем уровня излучения вблизи упаковки, транспортного пакета, резервуара, грузового контейнера, транспортного средства, неупакованного НУА-I или неупакованного ОПРЗ-I и используется для обеспечения мер радиационной защиты при перевозке. Значение, полученное для ТИ в соответствии с дальнейшими

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

руководствами (см. пункт 526(c)), следует округлять до первого десятичного знака (например, 1.13 становится 1.2), за исключением значений 0.05 и меньше, которые могут рассматриваться равными нулю:

(a) ТИ упаковки представляет собой максимальный уровень излучения на расстоянии 1 м от внешней поверхности упаковки, выраженный в мЗв/час и умноженный на 100.

(b) ТИ жесткого транспортного пакета, грузового контейнера или перевозочного средства представляет собой максимальный уровень излучения на расстоянии 1 м от внешней поверхности транспортного пакета или перевозочного средства, выраженный в мЗв/час и умноженный на 100, либо сумму ТИ всех упаковок, содержащихся в транспортном пакете или на перевозочном средстве.

(c) ТИ грузового контейнера, резервуара, неупакованного НУА-I или неупакованного ОПРЗ-I представляет собой максимальный уровень излучения на расстоянии 1 м от внешней поверхности груза, выраженный в мЗв/час, и умноженный на 100, и затем умноженный на дополнительный коэффициент, который зависит от площади максимального поперечного сечения груза. Этот дополнительный коэффициент, как указано в таблице VI Правил, изменяется от 1 до 10. Он равен 1, если максимальная площадь поперечного сечения груза равна 1 м^2 или менее. Он равен 10, если максимальная площадь поперечного сечения груза более, чем 20 м^2. Однако, как отмечено ранее, ТИ для грузового контейнера может быть установлен альтернативным способом, а именно как сумма транспортных индексов всех упаковок в грузовом контейнере.

(d) ТИ для не жесткого транспортного пакета должен определяться только, как сумма ТИ всех упаковок в не жестком транспортном пакете.

(e) Для грузов, состоящих из урановых или ториевых руд и их концентратов, ТИ может быть определен без выполнения измерений уровня излучения. Вместо этого максимальный уровень излучения в любой точке на расстоянии 1 м от поверхности груза может быть взят как уровень, определенный в пункте 526(a). Коэффициент умножения 100 и дополнительный коэффициент умножения для максимальной площади поперечного сечения груза также требуются, в зависимости от условий, как указано выше, для определения ТИ таких грузов.

526.2. В случае груза больших размеров, когда содержимое резонно не может рассматриваться, как точечный источник, уровни внешнего излучения, не уменьшаются с увеличением расстояния по обратному квадратичному закону. Так как обратный квадратичный закон формирует

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

основу для расчета разделяющих расстояний, был добавлен механизм для больших размеров грузов, чтобы компенсировать тот факт, что уровень излучения на расстоянии 1 м от поверхности груза выше, чем дает обратный квадратичный закон. Требование пункта 526(b), которое, в свою очередь, задает коэффициенты умножения в таблице VI Правил, обеспечивает механизм, с помощью которого достигается соответствие присвоенных ТИ уровням излучения на больших расстояниях для обстоятельств, в которых это необходимо. Эти обстоятельства ограничиваются перевозкой радиоактивных материалов в резервуарах или грузовых контейнерах и перевозкой неупакованных материалов НУА-I и ОПРЗ-I. Коэффициенты аппроксимируют это, рассматривая грузы как широкие плоские источники, либо как трехмерные цилиндры [27], а не точечные источники, хотя реальные профили излучения более сложны из-за влияния неравномерности самозащиты, распределения источников и рассеяния.

526.3. ТИ определяется сканированием всех поверхностей упаковки, включая верх и низ, на расстоянии 1 м. Максимальная измеренная величина является величиной, которая определяет ТИ. Аналогично, ТИ для резервуара, грузового контейнера и неупакованных материалов НУА-I и ОПРЗ-I определяется на расстоянии 1 м от поверхностей, но для определения ТИ следует применить коэффициент умножения, соответ-ствующий размеру груза. Размер груза обычно берется, как максимальное поперечное сечение резервуара, грузового контейнера, перевозочного средства, но если известно реальное значение максимальной площади поперечного сечения груза, то следует использовать его, при условии, что оно не меняется при перевозке.

526.4. Если на наружной поверхности есть выступающие части, то их следует игнорировать при определении расстояния 1 м, за исключением случая оребрённой упаковки, когда измерения могут быть сделаны на расстоянии 1 м от внешней огибающей упаковки.

527.1. Для жестких транспортных пакетов, грузовых контейнеров и перевозочных средств, сложение ТИ отражает консервативный подход, поскольку ожидается, что сумма ТИ перевозимых упаковок будет больше, чем ТИ, полученный путем измерений максимального уровня излучения на расстоянии 1 м от внешней поверхности транспортного пакета, грузового контейнера или перевозочного средства, из-за влияния защиты и наличия дополнительного расстояния при таком измерении. В случае нежесткого транспортного пакета, ТИ может быть определен только как

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сумма ТИ всех упаковок. Это необходимо, так как размеры пакета не фиксированы и измерения уровня излучения в различное время могут дать различные результаты.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА БЕЗОПАСНОСТИ ПО КРИТИЧНОСТИ

528.1. Этот пункт устанавливает процедуру определения индекса безопасности по критичности (ИБК) упаковки. Величина N, использованная для определения ИБК, должна быть такой, чтобы партия упаковок, основанная на этой величине, была подкритичной в условиях, определенных как в пункте 681, так и в пункте 682. Было бы неправильным предполагать, что одно из условий будет выполнено, если только другое подвергнуть подробному анализу. Результаты любого из указанных испытаний могут вызвать изменение в упаковочном комплекте или содержимом, которые могли бы повлиять на замедление в системе и/или на нейтронное взаимодействие между упаковками вызывая, таким образом, явное изменение коэффициента размножения нейтронов. Поэтому нельзя предполагать, что ограничивающая величина N относится только к нормальным условиям или только к аварийным условиям до выполнения оценок применительно к обоим вариантам условий.

528.2. Чтобы определить величину N для партий упаковок при нормальных условиях перевозки (см. пункт 681) и при аварийных условиях перевозки (см. пункт 682), могут быть использованы пробные величины для N. Любую партию из 5N упаковок, каждая из которых (партий) находится в условиях, определенных в пункте 681(b), следует проверить, является ли она подкритичной, и каждую партию из 2N упаковок, каждая из которых находится в условиях, определенных в пункте 628(b), также следует проверить, чтобы увидеть, является ли она подкритичной. Если оба условия выполняются, число N может быть использовано для определения ИБК упаковки. Если оценка указывает, что выбранная величина N не дает подкритического значения для партии при всех необходимых условиях, тогда значение N следует уменьшить и повторить оценки по пунктам 681 и 682, чтобы обеспечить подкритичность. В другом, более тщательном методе, чтобы определять величину ИБК, необходимо определить две величины N, которые отдельно удовлетворяют требованиям пунктов 681 и 682, затем использовать меньшую из этих двух величин. Последний метод характеризуется, как «более тщательный», поскольку он обеспечивает ограничивающую оценку при каждом варианте условий для партии – нормальные и аварийные условия.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

528.3. ИБК для упаковки, транспортного пакета или грузового контейнера следует округлять в большую сторону до первого десятичного знака. Например, если величина N равна 11, тогда 50/N = 4,5454, и это число следует округлить в большую сторону, чтобы получить ИБК = 4,6. Не следует округлять ТИ в меньшую сторону. Чтобы избежать недостатков этой процедуры округления, последствием которой является перевозка меньшего количества упаковок (в данном примере их количество должно быть 10), можно брать точное значение ИБК.

529.1. Всем упаковкам, содержащим делящийся материал, кроме освобожденных согласно пункту 672, предписан соответствующий ИБК, и значение ИБК следует отражать на этикетке, как показано на рис. 5 Правил. Грузоотправитель должен быть внимателен подтверждая, что ИБК для каждого груза идентичен сумме значений ИБК, указанных на этикетках упаковок.

ПРЕДЕЛЫ ЗНАЧЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО ИНДЕКСА, ИНДЕКСА БЕЗОПАСНОСТИ ПО КРТИЧНОСТИ И УРОВНЕЙ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УПАКОВОК И ТРАНСПОРТНЫХ ПАКЕТОВ

530.1. Чтобы соответствовать общим требованиям контроля ядерной критичности и защиты от излучения, установлены пределы для максимума ТИ, максимума ИБК и максимального уровня излучения на внешней поверхности для упаковок и транспортных пакетов (см. также пункты 531 и 532). В случае перевозки в условиях исключительного пользования эти пределы могут быть превышены благодаря дополнительным элементам эксплуатационного контроля (см. также пункты 221.1-221.6).

531.1. См. пункт 530.1.

532.1. м. пункт 530.1.

532.2. Даже если для упаковки разрешено иметь внешний уровень излучения вплоть до 10 мЗв/час, требования для максимального предела дозы 2 мЗв/час на поверхности перевозочного средства или 0.1 мЗв/час в любой точке на расстоянии 2 м от его поверхности (см. пункт 566), в определенных случаях могут быть более ограничивающими. Относительно накопления дочерних радионуклидов при перевозке см. также пункт 233.2.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

КАТЕГОРИИ

533.1. Всем упаковкам, транспортным пакетам, грузовым контейнерам и резервуарам, кроме состоящих полностью из освобожденных упаковок, должна быть назначена категория. Это – необходимое предварительное условие для нанесения этикеток и предупредительных знаков.

533.2. Упаковки, транспортные пакеты, грузовые контейнеры и резервуары, кроме полностью состоящих из освобожденных упаковок должны быть отнесены к одной из категорий I-БЕЛАЯ, II-ЖЕЛТАЯ или III-ЖЕЛТАЯ, для помощи в обслуживании и складировании. Соответствующая категория определяется ТИ и уровнем излучения в любой точке на внешней поверхности упаковки или транспортного пакета. В определенных случаях величины ТИ и уровня излучения на поверхности могут превышать те значения, которые нормально разрешены для упаковок и транспортных пакетов самой высокой категории, то есть III-ЖЕЛТАЯ. В таких случаях Правила требуют, чтобы груз транспортировался в условиях исключительного пользования.

533.3. Предельные значения уровня излучения, заложенные в определение категорий, были получены на основании предполагаемых процедур обслуживания упаковки/груза, времени облучения для транспортных рабочих и времени облучения для фотопленки. Исторически они были получены в следующем виде [28]:

(a) 0,005 мЗв/час на поверхности – Этот предел для излучения на поверхности был получен не из рассмотрения влияния излучения на человека, а из более ограничивающего влияния излучения на не проявленную фотопленку. Оценка влияния излучения на чувствительную рентгеновскую пленку, проведенная в 1947 году показала, что порог образования вуали возникает при облучении 0,15 мЗв, и в Правилах издания 1961 г. был установлен предел 0,1 мЗв/час, который связывался с номинальным максимальным временем облучения 24 часа. В более поздних изданиях Правил (1964, 1967, 1973 и 1973 (исправленное)) 24 часовой период облучения был округлен до 20 часов, и была принята предельная мощность дозы 0,005 мЗв/час, как значение, округленное в меньшую сторону, чтобы обеспечить защиту не проявленной фотопленки для этого времени перевозки. Эта мощность дозы была применена, как предел излучения на поверхности для упаковок I-БЕЛАЯ, гарантирующий малую вероятность радиационного повреждения фотопленки или

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

неприемлемых доз для транспортных рабочих без необходимости соблюдать требования по разделяющим расстояниям.

(b) 0,1 мЗв/час на расстоянии 1 м – Для ограничения мощности дозы излучения на фотопленку и на людей доза 0,1 мЗв, обсуждавшаяся в подпункте (a), была объединена с дозой облучения на расстоянии 1 м от поверхности и временем облучения 1 час, чтобы дать 10 кратное ограничение ТИ в изданиях Правил 1964, 1967 и 1973 г.г. («10 единиц излучения» в издании 1961 г.). Это основывалось на предполагаемом времени перевозки 24 часа и условном разделяющем расстоянии 4,5 м (15 футов) между грузами, содержащими радий, которое использовалось в компании Железнодорожный Экспресс США в 1947 году. Упомянутое ограничение устанавливало дозу приблизительно 0,1 мЗв на расстоянии 4,5 м (15 футов) в течение 24 часов.

(c) 2,0 мЗв/час на поверхности – Отдельный предел 2,0 мЗв/час на поверхности был принят дополнительно к пределу, объясненному выше в подпункте (b), так, чтобы для транспортных рабочих, перемещающих такие упаковки в течение 30 минут в день, держа их близко к телу, не было превышения допускаемой дозы 1 мЗв за 8-часовой рабочий день.

Когда такие дозы перестали быть приемлемыми, адекватность современных пределов уровней излучения в отношении радиационной безопасности была подтверждена рядом исследований, где определялось радиационное облучение транспортных рабочих [29-32], и оценками, проведенными МАГАТЭ в 1985 г. [33]. Тем не менее, признано, что одни допустимые уровни излучения вокруг упаковок и транспортных средств не гарантируют приемлемо низкие дозы облучения, и Правила также требуют разработки программы радиационной защиты (пункт 301) и периодической оценки доз для людей в связи с перевозкой радиоактивных материалов (пункт 304).

МАРКИРОВКА, ЭТИКЕТКИ И ЗНАКИ

Маркировка

534.1. Чтобы сохранять возможность опознавать грузополучателя или грузоотправителя упаковки, в отношении которой потерян нормальный контроль (например, упаковка потеряна при выполнении транзитных операций или ошибочно перемещена в другое место), на упаковке необходима идентификационная маркировка. Эта маркировка может

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

состоять из названия или адреса как грузоотправителя, так или грузополучателя, или может быть числом, определяющим накладную или транспортный документ, содержащий эту информацию.

534.2. В отношении общих рекомендаций по соблюдению требований в части разборчивости и долговечности маркировки см. также пункты 536.2–536.6.

535.1. Номера Объединенных Наций, каждый из которых связан с собственным уникальным надлежащим транспортным наименованием, имеют функцию идентификации опасных грузов, как для конкретно обозначаемых веществ, так и для партий грузов общего назначения. Номера ООН для радиоактивных материалов были согласованы в рамках международного сотрудничества между Комитетом экспертов ООН по перевозке опасных грузов и МАГАТЭ. Система идентификации с помощью чисел предпочтительнее других форм идентификации, использующих символы или язык, из-за ее относительной простоты для международного опознавания. Эта идентификация может быть использована для многих целей. Номера ООН, гармонизированные с другими опасными грузами, позволяют обеспечить быстрое и надежное определение радиоактивных грузов в широком потоке транспорта опасных грузов вообще. Другим примером является использование номеров ООН в качестве уникальной идентификации для операций аварийного реагирования. Каждый номер ООН может быть связан с уникальной таблицей рекомендаций по аварийному реагированию, которая обеспечивает для первых участников аварийного реагирования получение общих рекомендаций при неизбежном отсутствии специалистов на этом этапе реагирования. На первых этапах аварийной ситуации, эта подготовленная информация может быть легко доступна для широкой группы аварийного персонала, первым реагирующего на аварийную ситуацию, но не являющегося специалистами в области радиационной безопасности (см. также пункты 547.1 и 549.1–549.5).

535.2. Номера ООН для радиоактивного материала теперь используются, чтобы связывать требования в Перечне с требованиями в самих Правилах. Это оказалось преимуществом для установления требований применительно к конкретным типам упаковок и материалов. Номера ООН могут также быть использованы для ситуаций, связанных с обеспечением соблюдения Правил, выполнения проверок и контроля, накопления данных и для других статистических целей, если компетентный орган найдет пользу в таком применении.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

535.3. См. также пункты 536.2–536.6 в отношении общих рекомендаций по соблюдению требований в части разборчивости и долговечности маркировки

536.1. Упаковки, масса брутто которых превышает 50 кг, вероятно должны обслуживаться с помощью механизмов, а не вручную и требуют маркировки массы брутто, чтобы указать на возможную необходимость механизированного обслуживания и обеспечить контролируемость максимальной нагрузки на пол и на транспортное средство. На практике, однако, даже упаковки с весом до 50 кг не следует всегда обслуживать вручную. Перед регулярным обслуживаем упаковок вручную, следует обеспечить процедуру, гарантирующую, что радиационные последствия окажутся на разумно достижимом низком уровне (см. пункт 301). Где возможно следует использовать механизированные средства. Чтобы быть полезной в этом отношении, требуется, чтобы маркировка была разборчивой и долговечной.

536.2. Следует обеспечить, чтобы маркировка на упаковках была четко напечатана, имела достаточный размер и была разумно расположена, чтобы быть разборчивой, учитывая возможное применение обрабатывающих средств. Высоту символов 12,5 мм следует считать приемлемым минимумом для легких упаковок (т.е. до несколько сот килограммов), когда вероятно применение механических средств, имеющих тесный контакт с упаковками, например, автопогрузчиков. Более тяжелые упаковки будут требовать более «дистанционных» методов обслуживания и, соответственно, размер символов следует увеличить, чтобы дать возможность оператору прочитать маркировку на расстоянии. Размер 65 мм считается достаточным для самых тяжелых упаковок с весом в диапазоне от десятков до сотен тонн. Если внешняя отделка упаковки сама по себе не обеспечивает достаточный контраст, перед маркировкой следует подготовить контрастный фон, чтобы гарантировать ее удобочитаемость. Черные символы на белом фоне пригодны. Если упаковки имеют неровные внешние поверхности (например ребра или гофры) или поверхности, не являются подходящими для прямого нанесения маркировки, может потребоваться предусмотреть плоскую панель или пластину, на которые наносится маркировка, чтобы повысить отчетливость (удобочитаемость).

536.3. Маркировки следует выполнять долговечными в смысле противостояния по крайней мере условиям нормальной перевозки, включая воздействие внешних погодных условий и изнашивание, без

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

существенного снижения эффективности. Внимание обращается на необходимость обращения к национальным правилам и правилам для различных видов транспорта, которые могут содержать более строгие требования. Например, Международный кодекс морской перевозки опасных грузов, МК МПОГ (IMDG) [10] требует, чтобы все постоянные маркировки (а также этикетки), оставались идентифицируемыми на упаковках после погружения в море, по крайней мере, на 3 месяца. Если для маркировки используется панель или пластина, следует обеспечить, чтобы надежность их прикрепления к упаковке соответствовала стандарту целостности самой упаковки.

536.4. Средства маркировки будут зависеть от природы наружной поверхности самой упаковки, варьируясь (в порядке увеличения долговечности) от отпечатанной этикетки (для наименования грузополучателя или грузоотправителя, номера ООН и надлежащего транспортного наименования или общей массы брутто), нанесения по трафарету или мягкой печати несмываемыми чернилами или красками (пригодного для картонных ящиков или деревянных упаковочных комплектов), маркирования (для деревянных упаковочных комплектов), рисования красками на основе эмали и смол (пригодного для многих поверхностей, в частности для металлов), до клеймения, тиснения, чеканки или «отливок» маркировки металлических внешних упаковочных комплектов.

536.5. В дополнение к рекомендациям пунктов 536.2–536.4 следует всегда принимать во внимание соответствующие национальные правила и правила для отдельных видов транспорта, так как отличия в деталях требований могут быть значительными.

536.6. В запланированные проверки и программы обслуживания, необходимые для упаковочных комплектов, следует включать положения по проверке всех постоянных маркировок и их ремонту при любых повреждениях или дефектах. Опыт таких проверок покажет, обеспечивается ли долговечность на практике.

537.1. Правила издания 1996 г. вводят требование идентификации промышленных упаковок маркировкой. Состав маркировки соответствует другим аналогичным маркировкам в том, что включает в себя слово «тип» вместе с соответствующим описанием промышленной упаковки (например, тип IP-2). Состав маркировки также предотвращает потенциальную путаницу, если в других транспортных правилах

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сокращение IP может быть использовано с другой целью. Например, Технические инструкции ИКАО (ICAO) используют IP как сокращение термина «внутренний упаковочный комплект» (Inner Packaging), например, «IP.3», обозначает один из десяти конкретных типов внутренних упаковочных комплектов.

537.2. Хотя для промышленных упаковок, содержимое которых не является делящимся материалом, утверждения компетентного органа не требуется, разработчик и/или грузоотправитель должны быть в состоянии продемонстрировать соблюдение Правил любому признанному компетентному органу. Эта маркировка помогает в проверке и интенсифицирует деятельность компетентных органов. Маркировка также обеспечит, опытному наблюдателю ценную информацию в случае аварии.

537.3. В отношении общих рекомендаций по соблюдению требований в части разборчивости и долговечности маркировки см. также пункты 536.2–536.6.

538.1. Все конструкции упаковок типа B(U), типа B(M), типа C и упаковок с делящимся материалом требуют утверждения компетентного органа. Маркировка на таких упаковках имеет целью обеспечить связь конкретной упаковки и соответствующим утверждением конструкции национальным компетентным органом (через идентификационную метку), а также информацией относительно вида утверждения конструкции компетентным органом. Кроме того, маркировка упаковки обеспечивает, опытному наблюдателю, ценную информацию в случае аварии. В случае конструкций упаковок с гексафторидом урана, требование к упаковкам иметь идентификационную метку компетентного органа, как отмечено в пункте 828(c), зависит от вступления в силу требований получать утверждения компетентного органа, соответствующие сроки действия которых приведены в пункте 805.

538.2. Маркировка с серийным номером требуется потому, что действия по обеспечению качества при эксплуатации и обслуживании ориентированы на каждый конкретный упаковочный комплект и соответствующую необходимость выполнять и проверять эти действия для каждого конкретного упаковочного комплекта. Серийный номер также необходим для деятельности компетентного органа по обеспечению соблюдения Правил и для применения пунктов 815–817.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

538.3. Общие рекомендации относительно удобочитаемости и долговечности маркировок, а также их проверки/обслуживания даны в пунктах 536.2–536.4. Тем не менее, по возможности следует обеспечивать, чтобы идентификационная метка компетентного органа, серийный номер и маркировка типа B(U), типа B(M) или типа C были устойчивы к размыванию, стиранию и отделению даже в условиях аварий. Может быть удобным размещение таких маркировок рядом со знаком трилистника на наружной поверхности упаковки (см. пункт 539 и рис. 1 Правил). Например, для объединения этих маркировок может быть использована рельефная металлическая пластина.

538.4. Утвержденная конструкция упаковки может быть такой, что различные внутренние элементы могут быть использованы с единственным внешним элементом, или внутренние элементы упаковочного комплекта могут быть взаимозаменяемы более, чем с одним внешним элементом. В этих случаях, каждый внешний элемент упаковочного комплекта с уникальным серийным номером идентифицирует упаковочный комплект как сборку элементов, удовлетворяющих требованиям пункта 538(b), при условии, что сборка элементов соответствует конструкции, утвержденной компетентными органами. В таких случаях, необходимо, чтобы программа обеспечения качества, установленная грузоотправителем, обеспечивала правильную идентификацию и использование этих элементов.

539.1. Маркировка упаковок типа B(U), типа B(M) или типа C с символом трилистника, стойкая к воздействию огня и воды предназначена для того, чтобы гарантировать возможность для такого типа упаковок быть идентифицированными после серьезной аварии как упаковки, перевозящие радиоактивный материал.

540.1. Материалы НУА-I и ОПРЗ-I могут перевозиться неупакованными в соответствии с определениями, данными в пункте 523. Одно из условий устанавливает требование гарантировать отсутствие потери содержимого в нормальных условиях перевозки. В зависимости от характеристик материала, могут быть полезны обертывание или другие аналогичные меры, чтобы удовлетворять этому требованию. Обертывание может быть предпочтительнее с практической точки зрения, например для того, чтобы иметь возможность добавить этикетку с информацией в отношении грузоотправителя или грузополучателя. В тех случаях, когда желательно четко идентифицировать груз, как несущий радиоактивные материалы, Правила ясно разрешают, чтобы такая идентификация была

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

расположена на обертке или на ящике. Важно заметить, что Правила не требуют такой маркировки; но допускают ее, если это признано полезным.

Нанесение этикеток

541.1. Упаковки, транспортные пакеты, резервуары и грузовые контейнеры могут быть охарактеризованы как объекты обслуживания или грузовые единицы. Необходимо, чтобы транспортные рабочие были осведомлены о содержимом таких объектов, когда такие единицы перевозят радиоактивные материалы, и знали о существовании потенциальной радиологической опасности или опасности по критичности. Этикетки дают эту информацию символом трилистника, цветом и категорией (I-БЕЛАЯ, II-ЖЕЛТАЯ или III-Желтая), и этикеткой ядерного деления. Посредством этикеток можно идентифицировать (a) радиологическую опасность или опасность по критичности, связанные с радиоактивным содержимым грузовой единицы, и (b) правила хранения и складирования, которые могут применяться к таким единицам.

541.2. Для этикеток радиоактивных материалов используется часть форм ряда этикеток, применяемых в международной практике для идентификации различных классов опасных грузов. Этот ряд этикеток был установлен, с целью сделать опасные грузы легко узнаваемыми на расстоянии с помощью символов. Специальным знаком, выбранным для идентификации грузовой единицы, перевозящей радиоактивные материалы, является трилистник.

541.3. Содержимое грузовой единицы может, помимо своих радиоактивных свойств, обладать свойствами, опасными в других отношениях, например, быть коррозионными или легко воспламеняющимися. В этих случаях необходимо также придерживаться правил, имеющих отношение к этому дополнительному виду опасности. Это означает, что, дополнительно к этикетке радиоактивного материала, на грузовой единице должны быть размещены другие соответствующие этикетки.

542.1. Для резервуаров или грузовых контейнеров, из-за возможности загораживания одного контейнера другими грузовыми контейнерами и резервуарами, этикетки необходимо помещать со всех четырех сторон, чтобы обеспечить, видимость этикетки без необходимости ее поиска и, чтобы свести к минимуму возможность ее загораживания другими грузовыми единицами или грузами.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Указание информации о радиоактивном соадержимом на этикетках

543.1. Помимо идентификации радиоактивных свойств содержимого, этикетки также содержат более специальную информацию относительно содержимого, например, наименование нуклида, или наиболее ограничивающих нуклидов в случае смеси радионуклидов, и активность. В случае делящегося содержимого, масса делящегося материала может заменить активность. Эта информация является важной в случае инцидента или аварии, где для оценки опасности может понадобиться информация о содержимом. Более специфическая информация относительно содержимого для материалов НУА-I не требуется, потому что они характеризуются низкой радиационной опасностью, связанной с таким материалом.

543.2. Желтые этикетки также показывают ТИ грузовой единицы, (то есть упаковки, транспортного пакета, резервуара и грузового контейнера). Информация о ТИ является существенной для хранения и складирования, так как она используется, чтобы контролировать накопление и обеспечивать правильное разделение грузовых единиц. Правила устанавливают пределы на общую сумму ТИ для группы грузовых единиц (см. таблицу IX Правил для перевозки не на условиях исключительного использования).

543.3. При идентификации наиболее ограничивающих радионуклидов с целью отражения на этикетке смеси радионуклидов, следует рассматривать радионуклиды не только с самыми низкими значениями A_1 или A_2, но также и относительные количества радионуклидов. Например, способ выявления наиболее ограничивающего радионуклида состоит в определении для различных радионуклидов значения

$$\frac{f_i}{A_i}$$

где
f_i – активность радионуклида i,
$A_i = A_1$ или A_2 для радионуклида i, по применимости.

Максимальное значение представляет наиболее ограничивающий радионуклид.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Указание информации о безопасности по критичности на этикетках

544.1. Индекс безопасности по критичности (ИБК) представляет собой число, использованное, при контроле, необходимом для безопасности по критичности. Контроль осуществляется путем ограничения суммы ИБК числом 50 для перевозок на условиях исключительного использования, и числом 100 для перевозок в условиях исключительного пользования.

544.2. Этикетки, содержащие информацию о ИБК, следует размещать на упаковках, содержащих делящийся материал в соответствии с требованиями пункта 541. Этикетка ИБК является дополнительной к этикеткам категорий (категории I-БЕЛАЯ, II-ЖЕЛТАЯ и III-ЖЕЛТАЯ), поскольку ее назначение сводится к обеспечению информацией об ИБК, в то время как этикетки категорий дают информацию о транспортном индексе (ТИ) и содержимом. Этикетка ИБК, по определению, также идентифицирует упаковку, как содержащую делящийся материал.

544.3. Подобно ТИ, ИБК дает важную информацию для организации хранения и складирования, при этом она используется для контроля накопления и обеспечения правильного разделение грузовых единиц с делящимся содержимым. Правила устанавливают пределы на общую сумму ИБК в таких группах грузовых единиц (см. таблицу X Правил для перевозки, как в условиях исключительного использования, так и вне этих условий).

545.1. См. пункты 544.1–544.3.

Нанесение предупредительных знаков

546.1. Предупредительные знаки, которые используются на больших грузовых контейнерах и резервуарах (а также на авто- и железнодорожных транспортных средствах; см. пункт 570) разработаны в некотором отношении подобно этикеткам на упаковках (хотя они не несут подробную информацию относительно ТИ, содержимого и активности), чтобы ясно идентифицировать угрозы опасных грузов. Размещение предупредительных знаков со всех четырех сторон грузовых контейнеров и резервуаров, обеспечивает их распознавание со всех сторон. Размер предупредительного знака следует делать таким, чтобы он легко читался даже на расстоянии. Чтобы избежать чрезмерного количества предупредительных знаков и этикеток на больших грузовых контейнерах и резервуарах может размещаться только увеличенная

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

этикетка для категории, где она также будет выполнять функцию предупредительного знака.

547.1. Изображение номера ООН может обеспечить информацию о типе перевозимого радиоактивного материала, включая сведения о том, делящийся это материал или нет и информацию о типе упаковки. Эта информация важна в случае инцидентов или аварий, приводящих к утечке радиоактивных материалов, тем, что помогает лицам, ответственным за аварийное реагирование, определить надлежащие противоаварийные действия (см. пункт 535.1).

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ГРУЗООТПРАВИТЕЛЯ

Сведения о грузе

549.1. Перечень информации, предоставляемой грузоотправителем в соответствии с требованиями пункта 549, предназначен для того, чтобы информировать перевозчика, грузополучателя и другие заинтересованные стороны относительно точной природы груза, с тем, чтобы могли быть предприняты все необходимые действия. При подготовке этой информации грузоотправитель также, кстати, получает напоминание об основных нормативных требованиях, применимых к грузу в ходе его подготовки к перевозке и при отправке (см. также пункт 535.1).

549.2. Перечень надлежащих транспортных наименований и соответствующие номера ООН включены в таблицу VIII Правил.

549.3. Внимание грузоотправителя сосредоточивается на конкретных требованиях пункта 549(k) относительно перевозки упаковок в транспортном пакете или в грузовом контейнере. Требуется, чтобы каждая упаковка или партия упаковок были обеспечены соответствующей документацией. Это важно для «Декларации грузоотправителя». Никто кроме грузоотправителя не может сделать эту декларацию, и таким образом, требуется, чтобы он или она обеспечили подготовку соответствующих документов для всех частей смешанного груза так, чтобы их доставка могла продолжаться после того, как они будут извлечены из транспортного пакета или грузового контейнера.

549.4. Следует позаботиться о выборе надлежащего транспортного наименования согласно Таблице VIII Правил. Части текста, которые не

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

набраны прописными буквами, не считаются частью установленного надлежащего транспортного наименования. Если надлежащее транспортное наименование содержит союз «или», следует использовать только одну из возможных альтернатив. Следующие примеры иллюстрируют выбор надлежащего транспортного наименования груза для номеров ООН 2909, 2915 и 3332:

ООН № 2909 РАДИОАКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, ОСВОБОЖДЕННАЯ УПАКОВКА – ИЗДЕЛИЯ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ ПРИРОДНОГО УРАНА или ОБЕДНЕННОГО УРАНА или ПРИРОДНОГО ТОРИЯ

Надлежащее транспортное наименование груза является применимым описанием из следующих:

ООН № 2909 РАДИОАКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, ОСВОБОЖДЕННАЯ УПАКОВКА – ИЗДЕЛИЯ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ ПРИРОДНОГО УРАНА

ООН № 2909 РАДИОАКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, ОСВОБОЖДЕННАЯ УПАКОВКА – ИЗДЕЛИЯ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ ОБЕДНЕННОГО УРАНА

ООН № 2909 РАДИОАКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, ОСВОБОЖДЕННАЯ УПАКОВКА – ИЗДЕЛИЯ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ ПРИРОДНОГО ТОРИЯ

ООН № 2915 РАДИОАКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, УПАКОВКА ТИПА А, не особого вида, не делящийся или делящийся освобожденный.

ООН № 3332 РАДИОАКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, УПАКОВКА ТИПА А, ОСОБОГО ВИДА, неделящийся или делящийся освобожденный.

В качестве надлежащего транспортного наименования груза применимо одно из следующих:

ООН № 2915 РАДИОАКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, УПАКОВКА ТИПА А

ООН № 3332 РАДИОАКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ, УПАКОВКА ТИПА А, ОСОБОГО ВИДА

Как можно видеть из примера, приведенного для ООН № 3332, дополнительная характеристика (здесь Особого вида) выделена явно.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

549.5. Другой пример, связанный с интерпретацией и использованием понятия номер ООН относится к порожним упаковочным комплектам, которые содержали радиоактивный материал, то есть к ООН № 2908. Если в упаковочном комплекте есть остатки, например, в упаковках UF_6, упаковочный комплект не следует называть «порожним упаковочным комплектом» и его следует транспортировать, как упаковку, а не как упаковочный комплект. Количество остатка будет определять категорию упаковки (см. также пункт 520.4).

549.6. Требуется, чтобы максимальная активность содержимого во время перевозки была указана в транспортных документах (пункт 549(f)). В некоторых случаях активность может возрасти в результате накопления дочерних нуклидов в ходе перевозки. В таких случаях, следует провести соответствующую коррекцию для определения максимальной активности.

549.7. Рекомендации относительно идентификации наиболее ограничивающих нуклидов приведены в пункте 543.3. Соответствующие общие описания могут включать, если это имеет значение, облученное (или отработавшее) ядерное топливо или конкретные типы радиоактивных отходов.

549.8. Необходимо, чтобы для материалов НУА-II и НУА-III и для ОПРЗ-I и ОПРЗ-II, была показана общая активность, как кратная к A_2. Для ОПРЗ-I и ОПРЗ-II активность следует вычислять из поверхностного загрязнения и площади поверхности. В случае, когда нуклиды не могут быть идентифицированы, для расчета общей активности следует использовать минимальное значение A_2 из возможных для альфа-нуклидов и бета-гамма-нуклидов.

Удаление или закрытие этикеток

554.1. Назначение этикеток состоит в том, чтобы предоставить информацию о реальном содержимом упаковок. Любая, этикетка, использованная ранее, может дать неправильную информацию.

Наличие сертификатов и инструкций

561.1. Наряду с наличием копии сертификата об утверждении упаковки от грузоотправителя требуется гарантировать, что он имеет необходимые инструкции для правильного закрытия упаковки и ее подготовки к

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

перевозке. В некоторых странах может требоваться, чтобы грузоотправитель был зарегистрирован соответствующим компетентным органом в качестве владельца такого сертификата.

ПЕРЕВОЗКА И ТРАНЗИТНОЕ ХРАНЕНИЕ

Разделение во время перевозки и транзитного хранения

562.1. Чтобы гарантировать, что дозы облучения людей и не проявленной фотопленки остаются соответствующими принципам, изложенным в пунктах 306 и 307, уделено специальное внимание разделению грузов при перевозке и транзитном хранении. Раздел V имеет дело с элементами контроля в ходе перевозки, и в этом контексте необходимо предпринять конкретные шаги, чтобы обеспечить трансформацию упомянутых принципов в требования, которым перевозчик может легко соответствовать. В Правилах это специально не делается, поскольку условия перевозки очень сильно зависят от вида транспорта; международные транспортные организации находятся в лучшем положении, чтобы устанавливать конкретные требования и обращаться к нужной аудитории.

562.2. Чтобы выполнять требования по радиационной защите, содержащиеся в пунктах 301–307, были разработаны простые процедуры, которые будут должным образом ограничивать облучение как людей, так и не проявленной фотопленки.

562.3. Эффективным путем ограничения облучения людей в ходе перевозки является требование обеспечить надлежащие разделяющие расстояния между радиоактивным материалом и местами, где могут присутствовать люди. Правила обеспечивают основу для определения требований по разделению, но фактическое определение и детализация этих требований делается в зависимости от вида транспорта. Требования по разделяющим расстояниям устанавливаются национальными регулирующими органами и международными транспортными организациями, такими как Международная Организация Гражданской Авиации, ИКАО, (ICAO) [12] и Международная Морская Организация, ИМО, (IMO) [10]. Эти требования были установлены на основе радиологических моделей и подтверждены опытом: фактические дозы, являющиеся следствием соблюдения этих расстояний при перевозке по морю и по воздуху, были значительно ниже, чем предельные значения доз, первоначально использованных в моделях, из которых эти расстояния были определены.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Кроме того, в соответствии с требованиями ИКАО (ICAO) [12] и ИАТА (IATA) [14] следует уделять внимание вариациям, связанным с конкретным государством, авиалинией и оператором, которые могут быть более ограничивающими, чем положения, содержащиеся в Правилах МАГАТЭ.

562.4. Существует много аспектов и условий, специфичных для вида транспорта, который учитывается в моделях, использованных для расчета разделяющих расстояний. Они включают анализ того, как соотношение между накопленными транспортными индексами для выбранного расположения и уровнем излучения в зонах, занятых людьми, зависят от защиты и расстояния, и как время облучения для транспортных рабочих и пассажиров зависит от частоты и продолжительности их поездок по соседству с радиоактивным материалом. Эти требования могут быть установлены в программах работ с использованием вопросников, исследований и измерений. В некоторых обстоятельствах облучение в течение короткого времени при нахождении рядом с упаковками, например, в период проверок и работ по обслуживанию при морских перевозках, могут быть более важными, чем облучение в течение длительного времени при низких мощностях доз в местах более регулярного пребывания людей. Пример использования модели для определения минимальных разделяющих расстояний и пространственного размещения для пассажирского и грузового воздушного судна приведен в Приложении III.

562.5. Неизбежно такие вычисления будут основаны на предположениях, которые могут отличиться от реальных параметров в конкретных обстоятельствах. Модели должны быть надежными и консервативными. Однако, модели, использующие только «наихудшие» параметры могут привести к рекомендациям, влекущими за собой неоправданные практические трудности или финансовые затраты. То, что соблюдение предложенных разделительных расстояний, приводит к приемлемо низким дозам, является более важным, чем основа, на которой эти расстояния были рассчитаны. Тем не менее, транспортные схемы подвергаются изменениям, и дозы следует держать под наблюдением.

562.6. Не следует игнорировать преимущества простоты. Ясные и простые требования будут выполняться легче и с большей вероятностью, чем сложные и более жесткие. Хорошими примерами этого является упрощенная таблица разделительных расстояний из Кодекса МКМПОГ (IMDG) [10], дающая практические разделяющие расстояния для различных типов судов и перевод операторами разделяющих расстояний

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

из Технических инструкций ИКАО (ICAO) [12] в пределы ТИ для одного отсека.

562.7. При расчете разделяющих расстояний для зон транзитного хранения следует принимать во внимание ТИ упаковок и максимальное время нахождения. Если есть какое-либо сомнение относительно эффективности разделяющего расстояния, можно сделать проверку, используя подходящие приборы для измерения уровней излучения.

562.8. Если вместе перемещаются различные классы опасных грузов, возможно, что содержимое упаковки с протечкой может повлиять на соседний груз, например утечка коррозионного материала может уменьшить эффективность системы герметизации упаковки с радиоактивным материалом. Таким образом, было обнаружено, что в некоторых случаях необходимо ограничивать классы опасных грузов, которые могут транспортироваться рядом с грузами других классов. В некоторых случаях может быть просто установлено, какие классы опасных товаров должны быть отделены от других. Было обнаружено, что для обеспечения полного и легкого понимания требований весьма полезно представление этой информации в краткой табличной форме. Как пример таблицы разделяющих расстояний одна из них, входящая в Часть 7 Кодекса МКМПОГ (IMDG) [10], приводится здесь в таблице II.

562.9. Поскольку почтовые мешки часто содержат не проявленную фотопленку и не идентифицируются соответствующим образом, разумно защищать почтовые мешки так же, как и не проявленную фотопленку.

Разделение во время перевозки и транзитного хранения

564.1. Крепление упаковок внутри или на перевозочном средстве необходимо по нескольким причинам. Из-за движения перевозочного средства маленькие упаковки, если они не удерживаются в период транспортировки, могут быть сброшены или свалены, и вследствие этого повреждены. Упаковки могут также упасть с перевозочного средства, и вследствие этого, могут быть потеряны или повреждены. Тяжелые упаковки, если они не закреплены, могут перемещаться внутри или на перевозочном средстве, и вследствие этого перевозочное средство может стать не устойчивым, и тем самым, вызвать аварию. Упаковки следует раскреплять, чтобы предотвратить их перемещение и гарантировать, что мощность дозы излучения, направленного от перевозочного средства на водителя или на экипаж, не увеличивается.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

564.2. В контексте Правил, термин «размещение» («укладка») означает расположение в пределах или на перевозочном средстве упаковки, содержащей радиоактивный материал, относительно другого груза (как радиоактивного, так и нерадиоактивного), а «крепление» означает использование, по необходимости, подстилки, башмаков, блоков или швартовочных тросов, для закрепления упаковки и ограничения ее перемещения внутри или на перевозочном средстве в обычных условиях перевозки. Если грузовой контейнер используется, чтобы облегчить транспортировку упакованного радиоактивного материала или, в качестве транспортного пакета, следует предусматривать специальные меры для крепления упаковок внутри грузового контейнера. Меры крепления, например, веревки, накидные сети или разделение на отсеки следует предусматривать, чтобы предотвратить повреждение упаковок внутри грузового контейнера при его обслуживании или перемещении.

564.3. Дополнительные указания относительно методов крепления, см. в Приложении V.

565.1. Некоторые упаковки типа B(U), типа B(M) и типа C с радиоактивным материалом могут выделять тепло. Это результат поглощения энергии излучения, элементами упаковки в виде тепла, которое передается к поверхности упаковки и затем в окружающий воздух. В таких случаях обеспечение способности упаковки к рассеянию тепла, предусматривается при конструировании упаковки, что обеспечивает безопасные и нормальные условия. Например, Co-60 производит приблизительно 15 Вт на 40 ТБк. Поскольку большая часть тепла поглощается в защите упаковки, общая тепловая нагрузка может быть порядка тысяч ватт. Проблема может возникнуть, если в одной партии груза есть несколько аналогичных упаковок. Следует также уделять внимание материалам, находящимся рядом с упаковками, чтобы убедиться, что в любом отсеке, содержащем упаковки, циркуляция воздуха не ограничена настолько, чтобы вызвать существенное повышение температуры окружающего воздуха в непосредственной близости от упаковок. Перевозчикам следует быть очень аккуратными, чтобы не снижать способность упаковок к рассеянию энергии вследствие покрытия упаковок или их штабелирования или тесного их размещения с другими грузами, что может играть роль тепловой изоляции. Если упаковки с радиоактивными материалами выделяют значительное количество тепла, то от грузоотправителя требуется обеспечить перевозчика инструкцией относительно складирования упаковок (см. пункт 555).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

565.2. Исследования показали, что если интенсивность выделения тепла в упаковке мала (соответствует потоку тепла через поверхность не более 15 Вт/м^2), то это тепло может быть рассеяно только за счет теплопроводности и температура не превысит 50°C, даже если упаковка полностью окружена свободным насыпным грузом. Воздушные промежутки между упаковками обеспечивают достаточное рассеяние за счет конвекции воздуха.

566.1. Существуют две основных причины, ограничивающих накопление упаковок в группах на транспортных средствах и в грузовых контейнерах. Когда упаковки установлены тесно, следует осуществлять контроль, чтобы:

(a) Предотвратить создание уровней излучения выше приемлемых, как результат эффекта наложения излучений от отдельных упаковок. Для грузов, транспортируемых не в условиях исключительного пользования, это осуществляется путем назначения предела для суммарного значения ТИ. Теоретическое максимальное значение мощности дозы на расстоянии 2 м от поверхности транспортного средства, перевозящего 50 ТИ, исторически было определено, как 0.125 мЗв/час, и считалось эквивалентным 0.1 мЗв/час, так как достижение максимального значения полагалось маловероятным. Опыт подтвердил приемлемость этих величин.
(b) Предотвратить ядерную критичность путем ограничения нейтронного взаимодействия между упаковками, содержащими делящийся материал. Ограничение суммы ИБК значением 50 в любой группе упаковок (100 для условий исключительного использования) и соблюдение расстояния 6 м между группами упаковок, дает такую гарантию.

566.2. Следует отметить, что для перевозки грузового контейнера может быть более одного значения из таблиц IX и X Правил соответственно, которые могут быть применены. Так например, для большого грузового контейнера, перевозимого на морском судне, нет установленного предела для суммарных ТИ или ИБК по отношению ко всему судну, в то время как есть ограничение на суммарные значения ТИ и ИБК для любого трюма, отсека или определенной площади палубы. Также важно отметить, что ряд требований, представленных в сносках, относится к определенным перевозкам. Эти сноски представляют собой требования, а не просто информацию для сведения.

ТАБЛИЦА II. ПРИМЕР РАЗДЕЛЕНИЯ МЕЖДУ КЛАССАМИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ
(Взято из Кодекса МКМПОГ (IMDG) [10])

КЛАСС		1.1 1.2 1.5	1.3 1.6	1.4	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9
Взрывчатые вещества	1.1, 1.2, 1.5	*	*	*	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	4	2	4	X
Взрывчатые вещества	1.3, 1.6	*	*	*	4	2	2	4	3	3	4	4	4	2	4	2	2	X
Взрывчатые вещества	1.4	*	*	*	2	1	1	2	2	2	2	2	2	X	4	2	2	X
Горючие газы	2.1	4	4	2	X	X	X	2	1	2	X	2	2	X	4	2	1	X
Не токсичные, но горючие газы	2.2	2	2	1	X	X	X	1	X	1	X	X	1	X	2	1	X	X
Токсичные газы	2.3	2	2	1	X	X	X	2	X	2	X	X	2	X	2	1	X	X
Горючие жидкости	3	4	4	2	2	1	2	X	X	2	1	2	2	X	3	2	X	X
Горючие твердые тела (включая самовоспламеняющиеся и связанные вещества и взрывчатые вещества пониженной чувствительности)	4.1	4	3	2	1	X	X	X	X	1	X	1	2	X	3	2	1	X

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II. (продолж.)

КЛАСС		1.1 1.2 1.5	1.3 1.6	1.4	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2	7	8	9
Вещества, склонные к спонтанному возгоранию	4.2	4	3	2	2	1	2	2	1	X	1	2	2	1	3	2	1	X
Вещества, которые при контакте с водой выделют горючие газы	4.3	4	4	2	X	X	X	1	X	1	X	2	2	X	2	2	1	X
Окислители (агенты)	5.1	4	4	2	2	X	X	2	1	2	2	X	2	1	3	1	2	X
Органические перекиси	5.2	4	4	2	2	1	2	2	2	2	2	2	X	1	3	2	2	X
Токсичные вещества	6.1	2	2	X	X	X	X	X	X	1	X	1	1	X	1	X	X	X
Инфицированные вещества	6.2	4	4	4	4	2	2	3	3	3	2	3	3	1	X	3	3	X
Радиоактивные материалы	7	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	X	3	X	2	X
Едикие вещества	8	4	2	2	1	X	X	X	1	1	1	2	2	X	3	2	X	X
Иные опасные вещества и изделия	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Числа и символы относятся к следующим терминам, как определено в разделе 7, кодекса [10]
1 – “Вдали от”
2 – “Отдельно от”
3 – “Через целый отсеком или трюм от”
4 – “Продольно через целый отсек или трюм от”
X – Разделение, если оно нужно, показано в перечне опасных грузов, кодекса [10]
* – Смотри подраздел 7.2.7.2. кодекса [10].

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

567.1. Требуется, чтобы любой груз с ИБК больше, чем 50 транспортировался в условиях исключительного использования (см. пункт 530.1). Условие загрузки, которое принималось при оценке критичности согласно пунктам 681 и 682, состояло в том, что размещались идентичные упаковки. Исследование Маннердаля [34] представляющее собой обсуждение теоретически возможного размещения упаковок различных конструкций в одной массиве, показывает возможность увеличения коэффициента размножения нейтронов по сравнению с размещением идентичных упаковок. Хотя такое размещение на практике маловероятно, следует обратить внимание на установление правил размещения для перевозок, где ИБК превышает 50. Следует также обратить внимание на обеспечение безопасной конфигурации размещения для упаковок смешанного типа [35]. Если ИБК при перевозке превышает 50, то в соответствии с требованием необходимо утверждение такой перевозки (см. пункт 820).

Разделение упаковок, содержащих делящийся материал, во время перевозки и транзитного хранения

568.1. Требование выдерживать расстояние 6 м необходимо для контроля ядерной критичности. Там, где две зоны хранения разделены стеной, полом или аналогичной границей, хранение упаковок на противоположных сторонах разделяющей физической границы также должно удовлетворять требованию сохранения расстояния 6 м.

569.1. См. пункт 568.1.

Дополнительные требования, связанные с перевозкой по железным и аватомобильным дорогам

570.1. См. пункты 546.1 и 547.1.

570.2. Транспортные средства, для которых возможно использование предупредительных знаков сокращенного размера, обычно не должны иметь полную массу более допустимого значения 3500 кг.

571.1. См. пункт 547.1.

572.1. См. пункты 221.1–221.6 по исключительному пользованию.

572.2. В большинстве случаев уровень излучения в любой точке внешней поверхности упаковки ограничен значением 2 мЗв/час. Для автомобиль-

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ного и железнодорожного транспорта при исключительном использовании, для упаковок и транспортных пакетов превышение предела 2 мЗв/час разрешается, если доступ к закрытым областям транспортного средства ограничен. Ограничение доступа к этим областям может быть достигнуто путем использования закрытого транспортного средства, которое может запираться, а также использованием крепящейся на болтах запертой клетки, огораживающей груз. В некоторых случаях открытый верх транспортного средства с боковыми стенками может быть накрыт брезентом, однако обычно это не может рассматриваться, как мера, предотвращающая доступ.

572.3. При выполнении транзитных операций не следует производить выгрузку или входить в закрытые для доступа зоны транспортного средства. Если транспортное средство на какое-либо время помещается на огороженную территорию перевозчика, его следует парковать в месте, доступ к которому контролируется, и рядом с которым маловероятно нахождение людей в течение продолжительного периода. Если необходимо выполнение работ по обслуживанию на транспортном средстве в течение продолжительного периода, грузоотправителю или грузополучателю следует обеспечить требуемую защиту от излучения, например за счет дополнительной защиты и мониторинга излучения.

572.4. Важным является предохранение упаковки или транспортного пакета в период транспортировки от перемещения, которое может привести к увеличению уровня излучения выше установленных пределов или к увеличению дозы для водителя. В случае использования автодорожного транспорта упаковку или транспортный пакет следует закреплять с учетом воздействия сил, возникающих в результате ускорения, торможения, поворотов, которые могут возникать в условиях нормальной перевозки. В случае использования железнодорожного транспорта упаковки следует закреплять для предотвращения перемещений во время сцепки железнодорожной платформы с использованием горки (см. пункты 564.1–564.3).

572.5. При определении мощности дозы для транспортного средства, возможно, учитывать дополнительную защиту внутри перевозочного средства. Тем не менее, в период обычной транспортировки следует поддерживать целостность защиты, иначе могут возникнуть проблемы с соблюдением предельного значения уровня излучения для перевозочного средства.

572.6. Условия перевозки, оговоренные пунктом 572(a)(iii) Правил, в качестве условий исключительного использования, в соответствии с

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

которыми никакая загрузка или разгрузка не допускаются в течение перевозки, не препятствуют перевозчику, собирающему грузы от одного или более источников, принять на себя роль и ответственность грузоотправителя комбинированного груза и быть, таким образом, назначенным (грузоотправителем) для цели соответствующей перевозки в условиях исключительного пользования.

573.1. Ограничения на то, кому может быть разрешено присутствовать в машинах, перевозящих радиоактивные упаковки со значительным уровнем излучения, предназначены для предотвращения ненужного или неконтролируемого облучения людей.

573.2. Термин «помощники» следует интерпретировать как «работники», в отношении которых действует требование пункта 305, в чьи задачи на транспортном средстве входит забота, как о самом транспортном средстве, так и о радиоактивном грузе. Этот термин, например, не может включать лиц из населения или пассажиров, которые находятся на транспортном средстве с целью путешествия. Однако, он может включать инспектора или специалиста по радиационной защите, присутствующего для выполнения своих обязанностей.

573.3. Транспортные средства следует загружать таким образом, чтобы свести к минимуму уровни облучения в местах, занятых людьми. Этого можно достичь, помещая упаковки с более высокими уровнями излучения наиболее далеко от зоны, занятой людьми, а тяжелые упаковки с низкими уровнями излучения – ближе к этой зоне. В период загрузки и выгрузки время ручного обслуживания следует сводить к минимуму, и следует предусматривать вспомогательные устройства, такие как сети или поддоны, чтобы увеличить расстояние от упаковки до тела. Следует предотвращать задержку персонала в зонах, где имеются значительные уровни излучения.

573.4. В правилах издания 1985 г. имелось положение, касающееся уровня излучения во всех нормально занятых людьми зонах автодорожного транспортного средства. Это положение было удалено из Правил издания 1996 г. Оно было эффективно заменено введением концепции программ радиационной защиты (см. пункты 301 и 305).

Дополнительные требования, связанные с перевозкой на борту судов

574.1. Каждый вид транспорта имеет собственные уникальные характеристики. В случае морского транспорта возможность перевозки в течение

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

нескольких недель или месяцев и необходимость в постоянной рутинной проверке в течение всей перевозки могут привести к значительному облучению за время перевозки радиоактивного материала. Чувствовалось, что просто исключительное использование трюма, отсека или обозначенной части палубы, особенно последнее, не обеспечивало достаточный радиационный контроль над упаковками с высокими уровнями излучения. Для упаковок, имеющих уровень поверхностного излучения больше чем 2 мЗв/час, были введены два дополнительных ограничения: либо они должны быть размещены внутри или на поверхности транспортного средства, либо должны перевозиться в специальных условиях. Доступ и уровни излучения при этом контролируются положениями пункта 572 для транспортных средств или элементами контроля соответствующими конкретным обстоятельствам и предписанными компетентным органом при определении специальных условий.

574.2. Перевозку морем любой упаковки, имеющей уровень поверхностного излучения, превышающий 2 мЗв/час, необходимо производить в специальных условиях, за исключением тех случаев, когда упаковки транспортируются на или в транспортном средстве, находящемся в исключительном использовании, и при этом выполняются условия пункта 572. Однако, в последнем случае для радиационной защиты может быть желательным, чтобы специальная площадь для размещения транспортного средства была выделена капитаном судна или распоряжением заинтересованного компетентного органа. Это было бы подходящим при перевозке таких транспортных средств на борту ройлерных судов, таких как паромы. Дополнительные руководства можно найти в Кодексе МКМПОГ (IMDG) [10].

575.1. Простой контроль за накоплением упаковок как средство ограничения радиационного облучения (пункт 566) может не подходить для судов, специально предназначенных для перевозки радиоактивного материала. Так как судно, само по себе, может перевозить грузы более, чем от одного грузоотправителя, перевозку на нем нельзя считать условиями исключительного использования, и требования Таблиц IX и X Правил, таким образом, могут быть излишне ограничивающими.

575.2. Суда специального назначения, используемые для перевозки морем радиоактивного материала, были приспособлены и/или специально предназначены для этой цели. Требуемую программу радиационной защиты следует основывать на предварительно запланированном размещении, специфичном для судна и для количества и природы упаковок,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

которые нужно перевозить. В программе радиационной защиты следует учитывать природу и интенсивность излучения, вероятные для упаковок; факторы аренды, основанные на запланированной максимальной длительности рейсов также следует принимать во внимание. Эту информацию следует использовать для определения мест размещения по отношению к нормально занятым рабочим местам и жилым зонам, чтобы обеспечить адекватную защиту людей от излучения. Компетентные органы, обычно компетентный орган государства, под чьим флагом ходит судно, могут определить максимально допустимое количество упаковок, их идентичность и содержимое, точное размещение, которые следует контролировать, и максимальные уровни облучения, допустимые в ключевых позициях. Программа радиационной защиты обычно включает требование относительно проведения соответствующего мониторинга в процессе и после завершения размещения, что необходимо для гарантии того, что установленные дозы или мощности доз не превышены. Детали результатов такого исследования, включая любые проверки загрязнения упаковок и грузовых мест, следует предоставлять компетентному органу по запросу.

575.3. Для упаковок, содержащих делящийся материал, в программе следует учитывать необходимость контроля ядерной критичности.

575.4. Хотя и не в качестве части программы радиационной защиты, следует предусмотреть ограничения по размещению, связанные с тепловыделением каждой упаковки. Для этих целей следует оценить отвод тепла естественным путем и за счет механических средств, и, если необходимо, определить тепловыделение от каждой упаковки.

575.5. Записи измерений, проведенных в течение каждого рейса, следует предоставлять компетентному органу по запросу. Это один из методов обеспечения того, чтобы программа радиационной защиты и все другие элементы контроля функционировали нормально.

575.6. Следует привлекать «лиц, квалифицированных для перевозки радиоактивных материалов», т.е. лиц, обладающих соответствующими специальными знаниями обращения с радиоактивными материалами.

575.7. Грузоотправителям и перевозчикам облученного ядерного топлива, плутония или высокоактивных отходов, желающим перевозить эти материалы морем, рекомендуется найти Код безопасной перевозки облученного ядерного топлива, плутония и высокоактивных радио-

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

активных отходов в контейнерах на борту судов (Код INF), как дополнение к Кодексу МКМПОГ (IMDG) [10]. Этот Кодекс относит суда, перевозящие такие материалы, к одному из трех классов, в зависимости от общей активности радиоактивного материала, который может перевозиться, и формулирует требования для каждого класса относительно устойчивости к повреждениям, противопожарной защиты, температурного контроля грузового пространства, конструктивных соображений, безопасного размещения груза, снабжения электричеством, оборудования радиационной защиты а также управления, обучения и корабельных противоаварийных планов.

Дополнительные требования, связанные с воздушными перевозками

576.1. Это требование связано с присутствием пассажиров на борту самолета скорее, чем с его возможностью перевозить пассажиров. В соответствии с положениями пункта 203, самолет, приспособленный для перевозки пассажиров, но, который не перевозит никаких пассажиров в данном полете, может удовлетворять определению грузового самолета и может использоваться для перевозки упаковок типа B(M) и грузов на условиях исключительного использования.

577.1. Специальные условия авиатранспорта могут приводить к повышенному уровню опасности, в случае использования типов упаковок, описанных в пункте 577. Это может быть обусловлено значительным снижением давления окружающего воздуха на высоте курса самолета. Это частично компенсируется системой герметизации, однако система никогда не полагается надежной на 100%.

577.2. Если был разрешен сброс давления из упаковки, эта опасность будет значительно увеличиваться, так как внешнее давление уменьшено, и трудно обеспечить в конструкции упаковки, чтобы это происходило безопасно. Обеспечение вспомогательного охлаждения и функционирование других систем контроля для самолета при нормальных и аварийных условиях гарантировать сложно.

577.3. Любой жидкий самовоспламеняющийся материал вносит особую опасность в полет самолета, и поэтому для таких материалов устанавливаются серьезные ограничения. Если радиоактивное вещество, создающее дополнительный риск самовоспламенения, является одновременно жидкостью, то, учитывая большой риск разлива, оно совершенно запрещено для транспортировки по воздуху.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

578.1. Из-за более высоких уровней излучения, чем разрешено обычно, большее внимание необходимо при загрузке и обслуживании. Требования для таких грузов, которые следует перевозить в специальных условиях, предусматривают участие компетентного органа и допускают разработку специальных мер предосторожности при обращении в период загрузки, в полете или в любых промежуточных точках перевозки.

578.2. Разрешения на специальные условия должно включать рассмотрение условий по обслуживанию, загрузке и размещению в полете, чтобы контролировать дозы облучения экипажа, персонала наземной поддержки и случайно облученных лиц. Это может потребовать специальных инструкций для членов экипажа, уведомления, оповещения соответствующих лиц, таких как персонал терминала в месте назначения и в промежуточных точках, и специального рассмотрения перегрузки на другие виды транспорта.

Дополнительные требования, связанные с пересылкой по почте

579.1. При пересылке почтой, специальное внимание следует обращать на национальные почтовые правила, чтобы обеспечить соответствие перевозки требованиям национальных почтовых властей.

579.2. Для перемещения почтой разрешенные уровни активности составляют только одну десятую долю от уровней активности, разрешенных для освобожденных упаковок на других видах транспорта. Это обусловлено следующим:

(a) Существует возможность загрязнения множества писем, и т.п., которые впоследствии должны быть широко распространены, таким образом увеличивая количество лиц, подверженных загрязнению.
(b) Это дальнейшее уменьшение приведет к попутному снижению максимального уровня излучения для источника, потерявшего защиту, и это рассматривается, как приемлемый консерватизм в почтовой среде, по сравнению с другими видами транспорта.
(c) Единый почтовый мешок может содержать много таких упаковок.

580.1. Когда разрешение для использования почтовых услуг выдано организации, следует назначить специального, опытного и ответственного представителя для поверки правильности выполнения процедуры и соблюдения ограничений.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАМОЖЕННЫЕ ОПЕРАЦИИ

581.1. Тот факт, что груз содержит радиоактивный материал, не является, сам по себе причиной для исключения таких грузов из нормальных таможенных операций. Тем не менее, из-за радиологической опасности, связанной с проверкой содержимого упаковки, содержащей радиоактивный материал, обследование содержимого упаковок следует выполнять в условиях защиты от излучения. Следует обеспечивать присутствие специалиста с требуемыми знаниями обращения с радиоактивными материалами и способного принимать действенные решения по радиационной защите, чтобы гарантировать, что обследование выполнено без какого-либо непомерного облучения таможенного персонала или любой третьей стороны.

581.2. Безопасность перевозки в значительной степени зависит от характеристик безопасности, обеспечиваемых упаковкой. Таким образом, никакая таможенная операция не должна уменьшать безопасность, присущую упаковке, при отправлении ее далее по своему назначению. Опять же, следует обеспечить присутствие квалифицированного специалиста, чтобы помогать гарантировать адекватность упаковки для продолжения перевозки. Термин «квалифицированный специалист» в данном контексте означает специалиста разбирающегося в действующих требованиях к перевозке, а также в подготовке упаковки, содержащей радиоактивный материал для дальнейшей перевозки.

581.3. При обследовании упаковок, содержащих радиоактивный материал, таможенными представителями,

(a) Формальности по растомаживанию следует выполнять как можно быстрее, чтобы избежать задержек при растомаживании, которые могут снизить полезность ценного радиоактивного материала;
(b) Любую необходимую внутреннюю проверку следует выполнять на местах, где доступны требуемые средства, а меры предосторожности в рамках радиационной защиты могут быть обеспечены квалифицированными лицами.

581.4. Если замечено, что упаковка была повреждена, таможенному чиновнику следует немедленно передать соответствующую информацию квалифицированному специалисту и поступать в соответствии с его инструкциями. Никому не следует разрешать оставаться около упаковки (разделяющее расстояние 3 м следует, в общем случае, считать

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

достаточным) или касаться ее, если это не вызвано крайней необходимостью. Если необходимо обращение с упаковкой, следует использовать некоторые формы защиты, чтобы избегать прямого контакта с упаковкой. После завершения обращения с упаковкой рекомендуется вымыть руки.

581.5. Если это необходимо, упаковку следует поместить для временного хранения в изолированном, безопасном месте. В период такого хранения разделяющие расстояния между упаковками и всеми лицами должны быть такими большими, на сколько это практически достижимо. Предупреждающие знаки следует разместить вокруг упаковки и зоны хранения (см. также пункт 568.1).

НЕДОСТАВЛЕННЫЕ ГРУЗЫ

582.1. Для разделения, см. пункт 568.1.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ V

[1] UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, Shielding Integrity Testing of Radioactive Material Transport Packaging, Gamma Shielding, Rep. AECP 1056, Part 1, UKAEA, Harwell (1977).

[2] UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, Testing the Integrity of Packaging Radiation Shielding by Scanning with Radiation Source and Detector, Rep. AESS 6067, UKAEA, Risley (1977).

[3] BRITISH STANDARDS INSTITUTE, Guide to the Design, Testing and Use of Packaging for the Safe Transport of Radioactive Materials, BS 3895:1976, GR 9, BSI, London (1976).

[4] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, American National Standard for Leakage Tests on Packages for Shipment of Radioactive Material, ANSI N.14.5-1977, ANSI, New York (1977).

[5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Safe Transport of Radioactive Material – Leakage Testing of Packages, ISO 12807:1996(E), first edition 1996-09-15, ISO, Geneva (1996).

[6] ZACHAR, M., PRETESACQUE, P., Burnup credit in spent fuel transport to COGEMA La Hague reprocessing plant, Int. J. Radioact. Mater. Transp. 5 2–4 (1994) 273–278.

[7] EWING, R.I., "Burnup verification measurements at US nuclear utilities using the Fork system", Nuclear Criticality Safety (ICNC'95, Proc. 5th Int. Conf. Albuquerque), Vol. 2, Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995) 11.64–70.

[8] EWING, R.I., "Application of a burnup verification meter to actinide-only burnup credit for spent PWR fuel", Packaging and Transportation of Radioactive

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Materials, PATRAM 95 (Proc. 11th Int. Conf. Las Vegas, 1995), USDOE, Washington, DC (1995).

[9] MIHALCZO, J.T., et. al., "Feasibility of subcriticality and NDA measurements for spent fuel by frequency analysis techniques with 252Cf", Nuclear Plant Instrumentation, Control and Human–Machine Interface Technologies (Proc. Int. Top. Mtg College Station, PA), Vol. 2, American Nuclear Society, LaGrange Park, IL (1996) 883–891.

[10] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, 2000 edition including amendment 30-00, IMO, London (2001).

[11] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, INLAND TRANSPORT COMMITTEE, European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), 1997 edition, marginals 10315, 71315 and Appendix B4, UNECE, Geneva (1997).

[12] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air, 1998–1999 edition, ICAO, Montreal (1996).

[14] INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION, Dangerous Goods Regulations, 37th edition, IATA, Montreal (1996).

[15] UNIVERSAL POSTAL UNION, Universal Postal Convention of Rio de Janeiro, UPU, Berne (1979).

[16] UNITED NATIONS, Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Ninth Revised Edition, ST/SG/AC.10/1/Rev.9, UN, New York and Geneva (1995).

[17] FAIRBAIRN, A., "The derivation of maximum permissible levels of radioactive surface contamination of transport containers and vehicles", Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials — Notes on Certain Aspects of the Regulations, Safety Series No. 7, IAEA, Vienna (1961).

[18] WRIXON, A.D., LINSLEY, G.S., BINNS, K.C., WHITE, D.F., Derived Limits for Surface Contamination, NRPB-DL2, HMSO, London (1979).

[19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces, Technical Reports Series No. 120, IAEA, Vienna (1970).

[20] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford (1991).

[21] FAW, R.E., Absorbed doses to skin from radionuclide sources on the body surface, Health Phys. 63 (1992) 443–448.

[22] TRAUB, R.J., REECE, W.D., SCHERPELZ, R.I., SIGALLA, L.A., Dose Calculations for Contamination of the Skin Using the Computer Code VARSKIN, Rep. PNL-5610, Battelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, WA (1987).

[23] KOCHER, D.C., ECKERMAN, K.F., Electron dose-rate conversion factors for external exposure of the skin from uniformly deposited activity on the body surface, Health Phys. 53 (1987) 135–141.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[24] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

[25] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Packaging of Uranium Hexafluoride (UF6) for Transport, ISO 7195:1993(E), ISO, Geneva (1993).

[26] UNITED STATES ENRICHMENT CORPORATION, Reference USEC-651, USEC, Washington, DC (1998).

[27] LAUTERBACH, U., "Radiation level for low specific activity materials in compact stacks", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 80 (Proc. Symp. Berlin, 1980), Bundesanstalt fr Materialprfung, Berlin (1980).

[28] FAIRBAIRN, A., The development of the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, At. Energ. Rev. 11 4 (1973) 843.

[29] GELDER, R., Radiation Exposure from the Normal Transport of Radioactive Materials within the United Kingdom, NRPB-M255, National Radiological Protection Board, Chilton, UK (1991).

[30] HAMARD, J., et. al., "Estimation of the individual and collective doses received by workers and the public during the transport of radioactive materials in France between 1981 and 1990", in Proc. Symp. Yokohama City, 1992, Science & Technology Agency, Tokyo (1992).

[31] KEMPE, T.F., GRODIN, L., "Radiological impact on the public of transportation for the Canadian Nuclear Fuel Waste Management Program", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 89 (Proc. Symp. Washington, DC, 1989), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1989).

[32] GELDER, R., Radiological Impact of the Normal Transport of Radioactive Materials by Air, NRPB M219, National Radiological Protection Board, Chilton, UK (1990).

[33] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, An Assessment of the Radiological Impact of the Transport of Radioactive Materials, IAEA-TECDOC-398, IAEA, Vienna (1986).

[34] MENNERDAHL, D., "Mixing of package designs: Nuclear criticality safety", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 86 (Proc. Symp. Davos, 1986), IAEA, Vienna (1986).

[35] BOUDIN, X., et. al., "Rule relating to the mixing of planar arrays of fissile units", Physics and Methods in Criticality Safety (Proc. Top. Mtg Nashville, TN), American Nuclear Society, LaGrange Park, IL (1993) 102–111.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел VI

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РАДИОАКТИВНЫМ МАТЕРИАЛАМ, УПАКОВОЧНЫМ КОМПЛЕКТАМ И УПАКОВКАМ

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РАДИОАКТИВНЫМ МАТЕРИАЛАМ

Требования, предъявляемые к материалу НУА-III

601.1. См. пункт 226.9.

601.2. Предельная скорость выщелачивания 0,1 A_2 за неделю была получена при рассмотрении случая с блоком материала в контейнере (например, стальная бочка), который был подвергнут воздействию погодных условий, в том числе значительному ливню так, чтобы блок в течение одной недели был покрыт водяной пленкой. Если эта упаковка затем попадает в аварию в процессе обращения с ней, то часть жидкости может испариться, и на основе стандартной модели определения величины A_2, было постулировано, что от 10^{-4} до 10^{-3} от этого вещества поступит в тело наблюдателя (см. Приложение I). Так как упаковка должна выдерживать испытание на свободное падение и испытание на укладку штабелем, как это задано в пунктах 722 и 723, может быть дан определенный кредит доверия ее способности сохранить свое содержимое: она, может быть, не так же хороша, как для упаковки типа А, но может быть достаточно хороша, чтобы ограничить выход значением $10^{-2} \div 10^{-3}$ доли рассеиваемого содержимого. Так как суммарное поглощение телом должно быть ограничено величиной 10^{-6} A_2, чтобы соответствовать уровню безопасности, предусмотренному для упаковок типа А, рассеиваемое содержимое бочки (т. е. жидкость) не должно превышать 0,1 A_2.

Требования, предъявляемые к радиоактивным материалам особого вида

602.1. Радиоактивный материал особого вида должен быть разумного размера, чтобы его можно было легко подобрать или обнаружить после аварии; отсюда ограничение минимального размера. Цифра 5 мм произвольна, но практична и разумна, учитывая тип материала, который обычно классифицирован, как радиоактивный материал особого вида.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

603.1. Правила ориентированы на то, чтобы обеспечить отсутствие выхода радиоактивного содержимого из упаковки с радиоактивным материалом особого вида за счет утечки или за счет выщелачивания/диспергирования в случае тяжелой аварии, даже если упаковочный комплект будет разрушен (см. Приложение I). Это минимизирует риск от ингаляции или перорального поступления, или загрязнения радиоактивным материалом. По этой причине радиоактивный материал особого вида должен быть способен выдержать серьезные механические и тепловые испытания, аналогичные тем, что предписываются для упаковок Типа B(U), без неприемлемой потери или рассеяния радиоактивного материала в любое время в течение срока службы.

603.2. Заявителю следует демонстрировать, что растворимость материала, оцененная в испытаниях на выщелачивание равна или больше, чем растворимость реального радиоактивного материала, который нужно перевозить. Результаты также следует экстраполировать, если в испытаниях был использован материал с пониженным содержанием радиоактивности, достоверность экстраполяции в этом случае следует продемонстрировать. Заявителю не следует полагать, что только потому, что материал инертный, он выдержит испытание на выщелачивание без инкапсуляции. Например, чистые инкапсулированные таблетки Ir-192 не прошли испытание на выщелачивание [1]. Значение выщелачивания должно масштабироваться до значений, отражающих реальную активность и форму материала, который нужно транспортировать. Для материала, помещенного в закрытую капсулу, могут использоваться подходящие методы оценки объемной утечки, например, вакуумный пузырьковый метод или метод оценки утечки с помощью гелия. В этом случае все параметры испытания, которые влияют на чувствительность, должны быть тщательно определены и приняты во внимание в оценке предполагаемой утечки радиоактивного материала из радиоактивного материала особого вида.

603.3. Правила допускают альтернативные испытания по оценке утечки для закрытых капсул. Когда, по согласованию с компетентным органом, испытания конструкции капсулы не проводятся с радиоактивным содержимым, оценка утечки может быть проведена методом объемной утечки. Утечку 10^{-5} Па·м^3/с для не выщелачиваемого твердого содержимого и утечку 10^{-7} Па·м^3/с для выщелачиваемых твердых веществ, жидкостей и газов, в большинстве случаев, следует считать эквивалентной выходу 2 кБк предписанному в пункте 603 [2]. Рекомендованы четыре метода проведения испытаний на объемную утечку, подходящие для

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА III. СРАВНЕНИЕ ЧЕТЫРЕХ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ УТЕЧКИ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ АСТОНОМ И ДР. [3]

Метод испытаний на утечку	Чувствительность (Па·м^3/с)	Минимальный объем в капсуле (мм^3)
Вакуумно-пузырьковый		
(i) Гликоль или изопропиловый спирт	10^{-6}	10
(ii) Вода	10^{-5}	40
Пузырьковый под давлением с изопропиловым спиртом	10^{-8}	10
Пузырьковый с жидким азотом	10^{-8}	2
Под давлением с гелием	10^{-8}	10

определения утечки из закрытых капсул. Они перечислены в таблице III вместе с чувствитель-ностью этих методов.

— Выщелачиваемый: Более, чем 0,01% общей активности в 100 мл в спокойной H2O, при 50°C, в течение 4 час., в соответствии с пунктом 5.1.1. ISO 9978 [2].
— Не выщелачиваемый: Менее чем 0,01% общей активности в 100 мл спокойной H2O, при 50°C в течение 4 час., в соответствии с пунктом 5.1.1. ISO 9978.

603.4. При использовании нерадиоактивного материала, как суррогата, измерение утечки материала должно быть связано с пределом активности определенным в пункте 603(c) Правил.

604.1. Если закрытая капсула составляет часть радиоактивного материала особого вида, она должна быть проверена, на предмет невозможности открытия в процессе обслуживания или при разгрузке. В противном случае возникает возможность, обслуживания и перемещения радиоактивного материала без защитной капсулы.

604.2. Под закрытыми источниками, которые могут быть открыты только разрушающими методами, обычно понимают сварные конструкции. Они могут быть открыты только такими методами как обработка на станке, пиление, сверление или резка в пламени. Капсулы с

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

резьбовыми колпачками или пробками, которые могут быть открыты без разрушения капсулы, не являются приемлемыми.

Требования, предъявляемые к радиоактивным материалам с низкой способностью к рассеянию

605.1. Ограничение максимального уровня внешнего излучения значением 10 мЗв/час на расстоянии 3 м от незащищенного материала с низкой способностью к рассеянию гарантирует, что максимальная потенциальная доза внешнего облучения соответствует потенциальным последствиям тяжелых аварий, в которые могут попасть промышленные упаковки (см. пункт 521).

605.2. Частицы, с размерами аэродинамического эквивалентного диаметра (АЭД) около 10 мкм по величине являются вдыхаемыми и могут достигать более глубокой области легких, время выведения откуда может быть значительным. Частицы с АЭД между 10 мкм и 100 мкм вызывают мало беспокойства в отношении ингаляционного пути облучения, но они могут дать вклад в другие виды внешнего облучения. Частицы с АЭД больше 100 мкм осаждаются очень быстро. Это может привести к локальному загрязнению в непосредственной близости от места аварии, но не представляет значимого механизма для внутреннего облучения.

605.3. Для материалов с низкой способностью к рассеянию выход в воздух радиоактивного материала в газообразной форме или в форме частиц ограничивается величиной $100A_2$, когда содержимое упаковок типа B(U) повергается механическим и тепловым испытаниям. Этот предел $100A_2$ относится ко всем размерам частиц вплоть до АЭД 100 мкм. Выход радиоактивных веществ в виде частиц, переносимых по воздуху, может привести к облучению лиц, находящихся с подветренной стороны от места аварии несколькими путями облучения. Наибольшее беспокойство вызывает поглощение в короткий период времени после аварии радиоактивных материалов путем ингаляции. Другие механизмы являются намного менее важными, потому что их вклад имеет место только в случае длительного нахождения под их воздействием, и для ограничения облучения могут быть предприняты соответствующие меры. Для ингаляционного пути облучения доминирующими являются частицы с АЭД менее 10 мкм, поскольку они могут вдыхаться. Тем не менее, осторожно выбранный верхний предел 100 мкм был введен в связи с пределом $100A_2$. Разумное обоснование этого состоит в том, что таким образом обеспечено, что ни за счет вдыхания, ни другими путями,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сопровождающимися осаждением, не будут достигнуты неприемлемые дозы облучения.

605.4. Когда материал с низкой способностью к рассеянию подвергается испытанию на столкновение с высокой скоростью, это может привести к образованию частиц, но из всех переносимых по воздуху частиц размером вплоть до 100 мкм, лишь малая доля (менее 10%) имеют вдыхаемый размер менее 10 мкм, если предел $100A_2$ удовлетворен. Другими словами, для материала с низкой способностью к рассеянию перейти в воздух в виде частиц вдыхаемого размера может лишь эквивалентное количество, не превышающее $10A_2$. Было показано, что для расстояния около 100 м и для большой части условий атмосферного рассеивания это может привести к эффективной дозе ниже 50 мЗв.

605.5. В случае теплового испытания $100A_2$ материала с низкой способностью к рассеянию могут перейти в воздух в газообразной форме или в виде частиц преимущественно малых размеров (АЭД < 10 мкм), так как термические процессы, такие как горение обычно приводят к образованию малых частиц. Следует обращать внимание на возможные химические изменения материала в процессе усиленного теплового испытания, которые могли бы провести к образованию аэрозолей, например химические реакции, вызванные продуктами горения. В случае пожара, сопровождающего авиационную аварию, выталкивающий эффект горячих газов будет приводить к концентрациям в воздухе на уровне земли и потенциальным эффективным ингаляционным дозам, которые должны остаться ниже 50 мЗв для большой части условий атмосферного рассеяния.

605.6. Предел по выщелачиванию радиоактивного материала применен к радиоактивным материалам с низкой способностью к рассеянию, чтобы устранить возможность растворения и миграции радиоактивных материалов, вызывающих значительное загрязнение почвы и водных источников, даже если в условиях тяжелой аварии произошло полное освобождение радиоактивного материала с низкой способностью к рассеянию из упаковочного комплекта. Предел $100A_2$ для выщелачивания это то же самое, что выход радиоактивных материалов в воздух (в виде частиц, переносимых воздухом) вследствие пожара или столкновения с высокой скоростью.

605.7. Для образца, подвергающегося испытанию на столкновение, следует рассматривать возможность физического взаимодействия между исходными структурами и отдельными компонентами материала,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

составляющими материал с низкой способностью к рассеянию. Это взаимодействие может привести к значительному изменению формы материала с низкой способностью к рассеянию. Например, одна таблетка топлива не может произвести то же количество диспергируемого материала после столкновения на высокой скорости, как та же таблетка, объединенная с другими таблетками в топливном стержне. Важно, чтобы испытуемый образец адекватно представлял тот материал с низкой способностью к рассеянию, который предполагается транспортировать.

605.8. Следует обеспечивать, чтобы в испытаниях на выщелачивание образец включал представительную пробу материала с низкой способностью к рассеянию, который подвергался усиленному тепловому испытанию и испытанию на столкновение с высокой скоростью. Для каждого испытания может быть использован отдельный образец, при этом оба образца следует подвергнуть испытанию на выщелачивание. Например, в случае испытания на столкновение материал может быть разрушен или иным способом разделен на различные твердые формы, включающие осаждающийся порошкообразный материал. Эти формы составляют материал с низкой способностью к рассеянию, который следует подвергать испытанию на выщелачивание.

605.9. Особенно важно, чтобы измерения выхода в воздух и выщелачивания были воспроизводимыми.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ КО ВСЕМ УПАКОВОЧНЫМ КОМПЛЕКТАМ И УПАКОВКАМ

606.1. Конструкция упаковки относительно способа ее крепления в или на транспортном средстве учитывает только обычные условия транспортирования (см. пункт 612).

606.2. Для дополнительных рекомендаций относительно методов удержания упаковки в пределах транспортного средства, см. пункты 564.1-564.2 и Приложение V.

607.1. При выборе материалов для подъемных узлов следует рассматривать материалы, которые не испытывают пластических деформаций в диапазоне нагрузок, ожидаемых при нормальных условиях обращения. При перегрузке безопасность упаковки не должна нарушаться. Кроме того, следует учитывать влияние износа.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

607.2. В конструкции узлов крепления упаковок, поднимаемых много раз за время срока их службы, следует принимать во внимание усталость, чтобы избежать образования трещин. Там, где предполагается усталостное разрушение, в конструкции следует учитывать возможность выявления этих трещин с помощью неразрушающих методов контроля, и в программу технического обслуживания упаковки следует включать соответствующие испытания.

607.3. Факторы нагрузки от ускорения при использовании подъемных кранов (обычно называемые грузчиками и такелажниками «рывком») следует относить к ожидаемым подъемными характеристикам кранов, которые предполагается использовать. Эти факторы следует ясно идентифицировать. Конструкторам также следует использовать приемлемые коэффициенты безопасности конструкции [4–6] дополнительно к факторам нагрузки от ускорения для элементов конструкции, чтобы гарантировать отсутствие пластической деформации в любой части упаковки при ее подъеме.

607.4. Особое внимание следует уделять подъемным узлам упаковок, используемых на ядерных установках. Дополнительно к повреждению самой упаковки, падение тяжелой, прочной упаковки на чувствительные места может привести к выходу радиоактивных материалов из других источников установки, либо к критичности или к другим событиям, которые могут повлиять на безопасность установки. Для этих узлов могут потребоваться более высокие коэффициенты запаса, чем используемые в обычной инженерной практике.

608.1. Это требование направлено на предотвращение случайного использования элементов упаковки, которые не разработаны должным образом для таких операций по обращению.

609.1. Это требование предусматривается, поскольку выступающие части на внешней поверхности упаковки очень чувствительны к ударам при обслуживании и других операциях, присущих перевозке. Такие удары могут вызывать в конструкции упаковки высокие напряжения, приводящие к разрыву или разрушению системы герметизации.

609.2. При определении того, что является наиболее полезным для конструкции и отделки упаковочного комплекта, какое-либо одно соображение не должно умалять значения любых других характеристик, которые необходимы для удовлетворения требованиям Правил.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Например, элементы, предусмотренные для безопасного обслуживания, эксплуатации или складирования, следует конструировать так, чтобы они, выполняли свои основные функции в соответствии с положениями Правил, но при этом любые конструктивные выступы и потенциальные трудности очистки были бы сведены к минимуму.

609.3. Стоимость является также законным определяющим фактором при определении того, что является практичным. Меры для выполнения пункта 609 не должны включать непомерных или необоснованных затрат. Например, выбор материалов и методов изготовления для любого данного упаковочного комплекта следует определять на основе общепринятой инженерной практики для этого типа упаковочных комплектов, всегда правильно соотносясь с пунктом 609, и необходимостью не привлекать экстравагантно дорогие меры.

609.4. Хорошо обработанная внешняя поверхность, имеющая низкую пористость, способствует дезактивации и, в сущности, менее подвержена поглощению загрязняющих веществ и последующему выщелачиванию, чем грубая поверхность.

610.1. Это требование введено, поскольку скопление и удержание воды (от дождя или других источников) на внешней поверхности упаковки могут привести к нарушению целостности упаковки в результате ржавления или длительного размывания. В дальнейшем, задержанная вода может приводить к выщелачиванию загрязнения, имеющегося на поверхности, и распространению его в окружающей среде. Наконец, вода, капающая с поверхности упаковки, может быть ошибочно принята за утечку из упаковки.

610.2. Для обеспечения соответствия положениям пункта 610, следует рассматривать соображения, аналогичные приведенным в пунктах 609.2–609.4.

611.1. Это требование направлено на предотвращение таких действий, как размещение вспомогательного оборудования, инструментов или запасных частей около упаковки таким образом, что предусмотренные функции компонентов упаковки могут быть нарушены в условиях нормальной перевозки или в случае аварии.

612.1. Компоненты упаковочного комплекта, включая те, которые связаны с системой герметизации, подъемными устройствами и системой

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

крепления, могут подвергнуться «рабочему износу» в результате ускорения, вибрации или вибрационного резонанса. В конструкции упаковки следует обращать внимание на то чтобы любые гайки, болты и другие крепежные устройства оставались зафиксированными в обычных условиях перевозки.

613.1. При анализе химической совместимости между радиоактивным содержимым и материалами упаковочного комплекта и между различными материалами элементов упаковочного комплекта следует принимать во внимание такие эффекты как коррозия, охрупчивание, ускоренное старение и растворение эластомеров и изделий из резины, загрязнение растворенным материалом, возбуждение полимеризации, пиролиз, приводящие к газообразованию и изменениям химической природы.

613.2. При анализе совместимости следует учитывать те материалы, которые могут быть оставлены после процесса производства, очистки или ремонта упаковочного комплекта, такие, например, как чистящие агенты, жир, нефть, и т.п., а также следует учитывать остатки прежнего содержимого упаковки.

613.3. При проведении анализа физической совместимости следует принимать во внимание термическое расширение материалов и радиоактивного содержимого в температурном диапазоне, представляющем интерес, с тем чтобы охватить изменения размеров, твердости, физического состояния материалов и радиоактивного содержимого.

613.4. Один аспект физической совместимости наблюдается в случае жидкого содержимого в упаковочном комплекте, когда должен был быть обеспечен достаточный свободный объем, чтобы избежать гидравлического разрушения вследствие различных скоростей расширения содержимого и системы герметизации в принимаемом температурном диапазоне. Величины свободного объема для обеспечения необходимого расширения могут быть определены правилами для перевозки других опасных товаров с аналогичными свойствами.

614.1. Замки – это вероятно один из лучших методов предотвращения несанкционированного открытия клапанов; они могут использоваться непосредственно, чтобы запирать закрытый клапан или могут быть использованы на крышке или покрытии, которые предохраняют доступ к клапану. Хотя опечатывание может использоваться для индикации того,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

что клапан не был использован, оно не может предотвратить несанкционированное действие.

615.1. Следует обеспечить, чтобы материалы упаковки выдерживали воздействие внешнего давления и температуры, вероятных для условий обычной перевозки, без изменения существенных характеристик безопасности упаковки.

615.2. Диапазоны изменения окружающего давления от 60 до 101 КПа и окружающей температуры от -40°С до 38°С обычно являются приемлемыми для наземных и водных видов транспорта. Для перемещения этими видами транспорта освобожденных упаковок, промышленных упаковок типа IP-1, IP-2 и IP-3, и упаковок типа B(U) исключительно в пределах определенной страны или исключительно между определенными странами, окружающие условия по температуре и давлению могут быть приняты иными, чем указанные, при условии, что они могут быть обоснованы и что обеспечен требуемый контроль с тем, чтобы ограничить использование упаковок в других странах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УПАКОВКАМ, ПЕРЕВОЗИМЫМ ВОЗДУШНЫМ ТРАНСПОРТОМ

617.1. Ограничения температуры поверхности необходимы, чтобы защищать смежный груз от возможного повреждения, и защищать персонал, обслуживающий упаковки, во время погрузки и выгрузки. Это требование является особенно ограничительным для перевозки по воздуху из-за трудности обеспечения необходимого свободного пространства вокруг упаковок. По этой причине положения пункта 617 всегда применяются к воздушному способу транспортирования, в то время как, для других способов перевозки могут быть применены другие, менее жесткие температурные пределы для поверхностей в условиях исключительного использования (см. пункты 662 и 662.1-662.4 Правил). Если, во время перевозки, температура окружающей среды в экстремальных условиях превысит 38°С (см. пункт 618), температурный предел для доступной поверхности более не применятся.

617.2. В расчет могут приниматься барьеры или экраны, предназначенные для защиты людей, без необходимости подвергать эти барьеры или экраны какому-либо испытанию.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

618.1. Диапазон изменения температуры окружающей среды от –40°C до 55°C охватывает предельные значения, встречающиеся во время транспортирования по воздуху, и является диапазоном, требуемым Международной Организацией Гражданской Авиации, ИКАО, (ICAO) [7] для упаковочных комплектов с любыми опасными грузами, за исключением «грузов, освобожденных ИКАО», предназначенных для авиаперевозки.

618.2. При конструировании системы герметизации следует анализировать влияние максимальных значений температуры окружающей среды на результирующую температуру поверхности, на содержимое, на термические напряжения и изменение давления, чтобы обеспечить удержание радиоактивного материала.

619.1. Это требование аналогично тому, что выдвигается Международной Организацией Гражданской Авиации [7] для упаковок, содержащих определенный опасный жидкий материал, предназначенный для перевозки по воздуху. В настоящем издании Правил положение расширено, чтобы охватывать все формы радиоактивных материалов.

619.2. Следует учитывать уменьшение давления с высотой в ходе полета (см. пункт 577.1). Перепад давления, который возникает при увеличении высоты, следует принимать во внимание при конструировании упаковки. Минимальное внешнее давление 5 кПа – это давление, которое должно учитываться проектировщиком (требование взято из соображения разгерметизации самолета на максимальной для гражданской авиации полетной высоте с учетом коэффициентов запаса).

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОСВОБОЖДЕННЫМ УПАКОВКАМ

620.1. См. пункт 515.1.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРОМЫШЛЕННЫМ УПАКОВКАМ

Требования, предъявляемые к промышленным упаковка типа 1 (тип IP-1)

621.1. В соответствии с радиологической градацией материалов НУА и ОПРЗ три типа промышленных упаковок имеют различные функции

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

безопасности. В то время как упаковки типа IP-1 просто удерживают свое радиоактивное содержимое в обычных условиях перевозки, упаковки типа IP-2 и типа IP-3 предотвращают выход и распространение их содержимого и потерю защиты при нормальных условиях перевозки, которые по определению пункта 106, включают незначительные происшествия (в той степени, как требования к испытаниям представляют эти условия). Упаковки типа IP-3, кроме того, обеспечивают ту же целостность упаковки, что и упаковки типа A, предназначенные для перевозки твердых материалов.

621.2. Ни требования Правил к конструкции промышленных упаковок, ни требования ООН к конструкции упаковок III группы не рассматривают упаковки, как сосуды под давлением. В этом отношении, только те сосуды под давлением, объем которых менее чем 450 л, в случае жидкого содержимого и менее чем 1000 л, в случае газообразного содержимого, могут считаться упаковками. Сосуды под давлением с большими объемами определены как резервуары, для которых пункты 625 и 626 обеспечивают сравнимые уровни безопасности. В случае если сосуды под давлением используются как промышленные упаковки, следует принимать во внимание конструкционные принципы соответствующих стандартов для сосудов под давлением при выборе материалов, правил конструирования/расчетов, требований к обеспечению качества при изготовлении и использовании упаковки (например, проведение испытаний на давление независимыми инспекторами). Для сосудов под давлением обычно выбирается сравнительно большая толщина стенок, чтобы обеспечивать безопасность относительно внутреннего рабочего и испытательного давления. Давление в конструкции выше, чем необходимо, чтобы охватить рабочие условия, соответствующие давлению пара при максимальной температуре, может обеспечить запас прочности при непредвиденных инцидентах и даже авариях, определяя выбор большей толщины стенок. В этом случае, может не возникнуть необходимости проводить испытания на свободное падение и испытание на укладку штабелем, а скорее испытание на давление могло бы быть достаточным. Тем не менее, необходимо обеспечить безопасность вспомогательного оборудования (клапаны, и т.п.) при воздействии механических нагрузок, например, за счет использования дополнительных защитных конструкций.

621.3. Сосуды под давлением емкостью менее 450 л для жидкого содержимого и 1000 л для газообразного содержимого, разработанные для давления 265 кПа (см. пункт 625(в)), могут обеспечить адекватный уровень безопасности и, следовательно, не должны подвергаться

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

испытаниям для типа IP. Понятно, что все меры предосторожности определенные соответствующими кодами/стандартами для сосудов под давлением, приняты во внимание и применяются по обстоятельствам.

621.4. Примером такого применения могут служить сосуды под давлением, используемые для перевозки гексафторида урана (UF_6). Эти цилиндры разработаны для давления, значительно более высокого, чем может возникнуть в условиях нормальной транспортировки и обслуживания. Они, следовательно, по сути, защищены от механических нагрузок.

621.5. Требование относительно свободного объема (см. пункт 647) не определено как требование для промышленных упаковок. Тем не менее, при наличии жидкого содержимого или твердого содержимого, такого, как UF_6, который может стать жидким в случае нагрева, следует предусмотреть достаточный свободный объем, как указано в пункте 647, чтобы предотвратить разрыв системы герметизации. Такой разрыв может произойти в случае недостаточного свободного объема, особенно в результате расширения содержимого при изменении температуры.

Требования, предъявляемые к промышленной упаковке тип 2 (тип IP-2)

622.1. Соображение о выходе содержимого из упаковок типа IP-2 налагает на упаковку функции системы герметизации при нормальных условиях перевозки. Некоторое упрощение при демонстрации отсутствия выхода и распространения возможно, благодаря скорее немобильному характеру некоторых материалов содержимого НУА и ОПРЗ и ограниченным удельным активностям и поверхностным загрязнениям. См. также пункты 646.2-646.5.

622.2. См. пункты 621.1 и 226.1.

622.3. Для упаковочного комплекта типа IP-2, предназначенного для жидкости, см. пункты 621.2-621.5. Для упаковочного комплекта типа IP-2, предназначенного для газа, см. пункты 621.2-621.4. Для упаковочного комплекта типа IP-2, предназначенного для материала LSA-III, см. пункт 226.9.

622.4. Для упаковок, демонстрирующих малую внешнюю деформацию и незначительное внутреннее перемещение радиоактивного содержимого или защиты, тщательное визуальное обследование может обеспечить

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

достаточную гарантию, что поверхностный уровень излучения по существу не изменился.

622.5. Если представляется, что уровень поверхностного излучения мог вырасти, следует выполнять тесты по мониторингу, чтобы гарантировать, что увеличение уровня излучения не превышает 20%.

622.6. Методы оценки потери защиты варьируются от одного изготовителя до другого. Это может привести к расхождениям в оценке способности упаковки удовлетворять требованиям пункта 622(b). Один путь преодоления этой проблемы может состоять в определении максимальной площади поверхности упаковки, на которой оценивается уровень поверхностного излучения. Таким образом, например, индивидуальные измерения могут выполняться на поверхностях, не превышающих 10% от общей площади поверхности упаковки. Поверхность упаковки может быть размечена, чтобы определять разбиения, которые нужно учитывать, и тесты, выполняемые с тестовым источником, пригодны для упаковки (т.е. Co-60 или Na-24 для упаковок общего использования или специфических нуклидов для определенной конструкции упаковки). Это может потребоваться для учета влияния повышенных локальных уровней излучения при оценке потери защиты.

622.7. Потерю защиты следует оценивать на основе измерений, выполненных как до, так и после испытаний, определенных в пункте 622, и результирующие данные следует сравнивать, чтобы определить, удовлетворяет ли упаковка требованию или нет.

Требования, предъявляемые к промышленной упаковке типа 3 (тип IP-3)

623.1. Соображения в отношении выхода содержимого из упаковок типа IP-3 требуют, чтобы функции системы герметизации упаковки типа IP-3 были такими же, что и для упаковки типа A для твердых материалов, с учетом более высоких значений удельной активности, которая может перевозиться в упаковках типа IP-3, и отсутствия эксплуатационного контроля при транспортировке вне условий исключительного использования. Кроме того, следует предусматривать достаточное свободное пространство в случае жидкого материала НУА (LSA), чтобы избежать гидравлического разрушения системы герметизации. Эти требования соответствуют ступенчатому подходу Правил. См. также пункты 646.2–646.5.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

623.2. См. пункты 621.1 и 226.1.

623.3. Для упаковки типа IP-3, предназначенной для жидкости, см. пункты 621.2-621.5. Для упаковки типа IP-3, предназначенной для газа, см. пункты 621.2-621.4. Для упаковки типа IP-3, предназначенной для материала НУА-III (LSA-III), см. пункт 226.9.

Альтернативные требования, предъявляемые к промышленным упаковка типов 2 (тип IP-2) и 3 (тип IP-3)

624.1. Альтернативное использование упаковочных комплектов ООН допускается, поскольку Рекомендации ООН [8] содержат сравнимые общие конструкционные требования и испытания на работоспособность, которые были обоснованы, как обеспечивающие тот же уровень безопасности. В то время как в Рекомендациях ООН герметичность является одним из критериев испытаний на работоспособность, это не относится к требованиям Правил ООН относительно защиты, которая требует специального внимания, если используются упаковочные комплекты ООН.

624.2. Поскольку упаковочные комплекты ООН групп I и II требуют тех же или даже более жестких стандартов испытаний на работоспособность, чем применяемые для упаковок типа IP-2, требования к испытаниям типа IP-2 автоматически удовлетворяются всеми упаковочными комплектами ООН групп I и II, кроме того, что заявлено в пункте 624.3. Это означает, что упаковочные комплекты, маркированные X или Y в соответствии с системой ООН, потенциально пригодны для перевозки материалов НУА (LSA) и ОПРЗ (SCO), требующих использования упаковки типа IP-2, если не требуется специальной защиты. Для этих упаковок следует обеспечивать соответствие между перевозимым радиоактивным содержимым и содержимым, использованным при испытаниях ООН, включая рассмотрение максимальной относительной плотности, массы брутто, максимального общего давления, давления пара и формы содержимого.

624.3. Упаковочные комплекты ООН групп I и II, т.е. упаковочные комплекты, соответствующие спецификациям, приведенным в Главе 9 Рекомендаций ООН по перевозке опасных грузов [8], могут быть использованы как упаковки типа IP-2, при условии отсутствия потерь или рассеяния содержимого в течение и после испытаний ООН. Однако, следует отметить, что, в соответствии со стандартом ООН, легкая утечка из-под запирающих устройств при ударе допустима, при условии, что

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

далее утечка не происходит. Это допущение не соответствует требованию о полном отсутствии утечки или рассеяния содержимого. Кроме того, обеспечив соответствие содержимого, планируемого к перевозке, содержимому, разрешенному для конкретного упаковочного комплекта, не следует предъявлять специальных требований к защите. Применимые ограничения могут быть определены из маркировки ООН, которая должна быть указана на упаковочных комплектах ООН.

625.1. Безопасность контейнеров-баков, разработанных для перевозки опасных грузов в соответствии с международными и национальными правилами, подтверждена для условий обслуживания и перевозки, в некоторых случаях даже для условий тяжелых аварий.

625.2. Общие конструкционные критерии для упаковочных контейнеров-баков в отношении безопасного обслуживания, штабелирования и транспортировки могут быть выполнены, если опорная конструкция (рама) разработана в соответствии со стандартом ISO 1496-3 [9]. Этот стандарт определяет опорный каркас, к которому резервуар прикрепляется таким образом, чтобы все статические усилия, возникающие в процессе обслуживания, складирования и транспортировки не приводили к возникновению неприемлемых напряжений в оболочке резервуара.

625.3. Динамические усилия в условиях нормальной перевозки рассматриваются в Приложении V.

625.4. Контейнеры-баки, разработанные в соответствии с ISO 1496-3 полагаются по крайней мере эквивалентными тем, которые сконструированы по стандартам, предписанным в главе по Рекомендациям по перевозке резервуаров несколькими видами транспорта в Рекомендациях ООН по перевозке опасных грузов [8].

625.5. Требования о сохранении защиты (пункт 625(c)) выполняются, если после испытаний, защитный материал остается на месте, демонстрирует отсутствие существенных трещин и допускает увеличение уровня излучения, оцененного или измеренного при упомянутых условиях, не более, чем на 20%. Если контейнер-бак оборудован рамой ISO, расчеты/измерения уровня излучения могут учитывать поверхности каркаса как соответствующие поверхности для расчетов/измерений.

626.1. Чтобы объяснить эквивалентность стандартов для резервуаров и стандартов, определенных в пункте 625 (Рекомендации ООН, Глава 12 для

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

баков-контейнеров) следует обратиться к Европейскому соглашению о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ), издание 1995 года [10], где в приложении B.1A заданы требования для автоцистерн, которые в основном обеспечивают тот же уровень безопасности, что и требования для контейнеров-баков в Приложении B.1B. Аналогичное сравнение можно найти в Европейском соглашении о международной железнодорожной перевозке (RID) [11] для железнодорожных цистерн и контейнеров-баков в Приложениях X и XI Соглашения.

627.1. Грузовые контейнеры разработанные и испытанные по ISO 1496-1 [12] и согласованные в соответствии с Международной конвенцией по безопасным контейнерам (CSC) [13] доказали свою пригодность в ходе использования миллионов таких контейнеров для обеспечения безопасного обслуживания и перевозки в обычных условиях. Однако, следует отметить, что ISO 1496-1 рассматривает проблемы в отношении конструкции и испытаний, в то время как Конвенция CSC главным образом касается обеспечения того, чтобы контейнеры были безопасными при перевозке, правильно обслуживались и были пригодны для международных перевозок наземным и водным транспортом. Испытания, определенные в CSC, не эквивалентны испытаниям, предписанным в ISO 1496-1.

627.2. Грузовые контейнеры, разработанные и испытанные по ISO 1496-1, ограничиваются перевозкой твердых веществ, поскольку они не считались пригодными для свободных жидкостей или жидкостей в не сертифицированных упаковочных комплектах. Следует рассматривать конструкционные детали контейнера, чтобы проверить соответствие системы герметизации установленным требованиям. Только закрытые грузовые контейнеры могут быть использованы для демонстрации соответствия требованиям, предъявляемым к системам герметизации упаковочных комплектов типа IP-3 и IP-2 относительно отсутствия утечки и рассеивания содержимого. Для демонстрации этого необходим мониторинг в процессе и после испытаний. Закрытые грузовые контейнеры включают также грузовые контейнеры с отверстиями наверху, при условии, что в течение транспортировки они надежно закрыты.

627.3. Для грузовых контейнеров должна быть продемонстрирована их способность к сохранению и удержанию содержимого при ускорениях в обычных условиях перевозки, поскольку стандарт ISO по испытаниям грузовых контейнеров не включает динамических испытаний.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

627.4. Необходимо проявить внимание к тому, чтобы элементы крепления, использованные внутри грузового контейнера для фиксации содержимого могли выдерживать нагрузки типичные для обычных условий транспортировки (см. Приложение V).

627.5. Руководство по предотвращению утечки или рассеивания содержимого, а также сохранению целостности защиты см. в пунктах 622.1-622.7.

628.1. Контейнеры средней грузоподъемности для массовых грузов, утвержденные на основании Главы 16 Рекомендаций ООН по перевозке опасных грузов [8] считаются эквивалентными упаковкам, разработанным и испытанным в соответствии с требованиями к упаковкам типа IP-1 и типа IP-2, за исключением каких-либо требований к защите. Альтернативное использование контейнеров средней грузоподъемности для массовых грузов ограничивается только конструкциями из металла, потому что они обеспечивают наилучшее соответствие требованиям к упаковкам типа IP-2 и типа IP-3. Потребность в других типах конструкции не была выявлена, и они не представляются подходящими для перевозки радиоактивного материала.

628.2. Соответствие требованиям, предъявляемым к конструкции и проведению испытаний упаковок типа IP-2 и IP-3, за исключением каких-либо требований к защите, может быть продемонстрировано для контейнеров средней грузоподъемности для массовых грузов, если они соответствуют положениям, основанным на Рекомендациях ООН по перевозке опасных грузов [8], Глава 16, с дополнительным требованием для контейнеров средней грузоподъемности для массовых грузов емкостью более 0,45 м^3 о выполнении испытания со свободным падением в наиболее повреждаемом положении (а не только на основание). Эти рекомендации включают сравнимые требования по конструкции и испытаниям, а также по утверждению конструкции компетентным органом.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УПАКОВКАМ, СОДЕРЖАЩИМ ГЕКСАФТОРИД УРАНА

629.1. Хотя гексафторид урана является радиоактивным материалом, несущим в себе значительную химическую опасность, тем не менее, Рекомендации ООН требуют, чтобы радиоактивная природа имела

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

приоритет, и химическая опасность рассматривалась бы как второстепенная по отношению к радиоактивному риску [8]. В зависимости от степени обогащения и общего количества делящегося урана, гексафторид урана может транспортироваться, с точки зрения радиационной защиты, в освобожденных, промышленных упаковках, упаковках типа А или типа В. Таким образом, радиационные и ядерные свойства гексафторида урана покрыты другими аспектами Правил. Однако, многие требования к гексафториду урана внедренные через ISO 7195 [14] и через требования, включенные в Правила сейчас, относятся не к радиоактивной опасности и опасности деления, вызываемым гексафторидом урана, а связываются с физическими свойствам и химической токсической опасностью материала, если он выйдет в атмосферу и прореагирует с водой или водяным паром. Кроме того, поскольку эти упаковочные комплекты находятся под давлением в период погрузки и разгрузки, они должны подчиняться требованиям, применяемым к сосудам под давлением, не смотря на то, что они не находятся под давлением в условиях нормальной перевозки. Требования, определенные в пунктах 629-632 Правил сфокусированы на этих проблемах, а не на радиационной опасности и опасности деления (опасности по критичности). Другие применимые требования ST-1, относящиеся к радиологической и делящейся природе гексафторида урана, упакованного и перевозимого, обнаруживаемые повсеместно в Правилах, жизненно важны для обеспечения безопасности при обслуживании и перевозке и, поэтому, их следует принимать во внимание, как в отношении упаковочного комплекта, так и в отношении перевозки гексафторида урана.

630.1. Уровень освобождения 0,1 кг дает гарантии от взрыва небольших, незащищенных цилиндров с UF_6 [15]. Количество 0,1 кг значительно ниже предела токсической опасности, который равен 10 кг, и основан на [16, 17].

630.2. Критерии приемлемости пунктах 630(a), (b) и (c), изменяются в зависимости от типа среды, которая воздействует на упаковку. Для испытания на давление, специфичного для упаковок с гексафторидом урана (пункт 718), требование об отсутствии утечки и неприемлемых напряжений может быть удовлетворено гидростатическим испытанием цилиндра, где течи могут быть обнаружены путем наблюдения очевидной утечки воды из цилиндра. Клапаны и другое вспомогательное оборудование в это испытание на давление (ISO 7195) не включены.

630.3. Для испытания на свободное падение (пункт 722) приемлемость может быть подтверждена выполнением испытания на утечку газа,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

соответствующего процедуре, давлению и чувствительности, определенным в стандарте ISO 7195 для испытания на утечку клапанов.

630.4. Критерии приемлемости, применяемые в течение или после теплового испытания упаковки, содержащей гексафторид урана, (пункт 728) основаны на рассмотрении желания не допустить разрыва оболочки цилиндра. Относительно допустимой протечки, необходимым критерием приемлемости могла бы быть демонстрация «отсутствия разрыва» цилиндра, если опять же не учитывается утечка через вспомогательное оборудование, такое как через и вокруг клапанов. В соответствии с философией, применяемой как руководство для принципа “никакого разрыва системы герметизации”, использованного в пункте 657, разрыв или существенное повреждение оболочки цилиндра с гексафторидом урана были бы неприемлемыми, но незначительная утечка через клапан или около него, либо у другой инженерной проходки через стенку цилиндра, может быть приемлемой при условии утверждения компетентным органом.

630.5. Может быть трудно, если не невозможно, продемонстрировать соответствие требованиям пункта 630 относительно утечки, рассеивания, разрыва и напряжений на основании испытаний упаковочных комплектов с гексафторидом урана из-за сильной угрозы для окружающей среды, здоровья и безопасности. Таким образом, демонстрация соответствия может быть возложена на заменитель гексафторида урана в испытаниях в комбинации со ссылками на предшествующие удовлетворительные испытания, лабораторные испытания, результаты расчетов и мотивированные аргументы, как сформулировано в пункте 701.

630.6. Для демонстрации соответствия упаковок, содержащих гексафторид урана, требованиям пункта 630(c) разработчику следует принимать во внимание влияние параметров, способных изменить теплофизические условия гексафторида урана и упаковочного комплекта, которые могут иметь место при тепловом испытании. Разработчику следует, как минимум рассматривать, следующее:

(a) Наиболее неблагоприятная ориентация упаковки. Изменение ориентации упаковки может привести к другому распределению трех физических фаз гексафторида урана (твердое тело, жидкость и газ) в упаковке, и различным последствиям для внутреннего давления [18, 19].
(b) Весь ряд допустимых значений коэффициентов заполнения объема. Давление в цилиндре может зависеть сложным образом от степени,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

до которой он заполнен. Например, при очень малых коэффициентах заполнения твердый гексафторид урана может плавиться и испариться быстрее, ускоряя тем самым рост давления в упаковке [20].

(c) Фактические свойства конструкционных материалов при высоких температурах. Например, значительное снижение прочности стали на разрыв происходит при температурах выше 500°C [21].

(d) Присутствие металлургических дефектов в конструкционном материале может привести к разрыву упаковки. Это должно зависеть от размера дефекта. Максимальный размер дефекта в конструкции следует выводить из результатов анализа конструкции, процесса производства и приемочных критериев пригодности.

(e) Утончение стенки цилиндра или других элементов упаковочного комплекта, вызванное коррозией, может привести к снижению работоспособности. Разработчику следует установить приемлемую минимальную толщину стенки, а также разработать и применять методы для определения толщины стенки как для незаполненного, так и для заполненного эксплуатируемого цилиндра [22, 23].

631.1. Это положение включено, так как маловероятно, что можно предоставить такое устройство для сброса давления, которое бы было достаточно надежным для обеспечения необходимого уровня утечки и соответствующим образом закрывалось при снижении давления до приемлемого уровня.

632.1. Упаковки, сконструированные для перевозки 0,1 кг или более гексафторида урана и которые не рассчитаны на испытание давлением 2,76 МПа, но рассчитанные на испытание давлением, по крайней мере, 1,38 Мпа, могут быть приняты для использования при условии утверждения компетентным органом. Это позволяет использовать старые конструкции упаковок, демонстрация безопасности которых удовлетворяет компетентный орган при условии многостороннего согласования. Разработчику следует подготовить комплект документов, обосновывающих безопасность, для обоснования такого сертификата.

632.2. Считалось, что очень большие упаковки, предназначенные для 9000 кг или более гексафторида урана, которые перевозятся в не теплоизолирующих транспортных пакетах, вероятно, способны иметь достаточную теплоемкость, чтобы выдержать воздействие теплового испытания согласно пункту 728 без разрыва системы герметизации. При условии утверждения компетентным органом, такие упаковки могут быть

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сертифицированы для перевозки грузов на многосторонней основе, и разработчику следует подготовить комплект документов, обосновывающих безопасность, для обоснования такого сертификата.

632.3. См. также 630.5.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УПАКОВКАМ ТИПА А

634.1. Минимальный размер 10 см был принят по ряду причин. Очень маленькая упаковка может затеряться или соскользнуть в карман. Чтобы соответствовать международной практике транспортирования, этикетки на упаковках должны быть в форме квадрата с размером 10 см. Чтобы можно было соответствующим образом нанести такую этикетку, требуется чтобы размеры упаковки были, по крайней мере, 10 см.

635.1. Требование пломбирования упаковки призвано, как предупредить желание вскрыть упаковку, так и создать условия, чтобы получатель упаковки знал, был ли несанкционированный доступ к содержимому и/или внутреннему упаковочному комплекту и извлекались ли они в процессе перевозки. Пока пломба остается целой получатель имеет гарантию, что содержимое является именно тем, которое указано на этикетке; если пломба повреждена, то получатель будет предупрежден, о том, что нужна повышенная осторожность при обслуживании и, особенно при открытии упаковки.

635.2. В основном, тип и масса упаковки будут определять тип пломбы, который необходимо использовать, но разработчикам следует гарантировать, что выбранный метод таков, что пломба не будет испорчена в ходе нормального обращения с упаковкой при перевозке.

635.3. Существует много способов опечатывания, но перечисленные ниже являются типичными для методов, используемых для упаковок радиоактивных материалов:

(a) Если упаковочный комплект является картонной коробкой, для опечатывания может быть применена липкая или самоклеящаяся лента, которая не может быть использована повторно (внешний упаковочный комплект и/или лента будут существенно повреждены при открытии).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(b) Скрученные металлические пломбы могут быть использованы при закрытии бочек, свинцовых или стальных емкостей и небольших ящиков. Материал пломбы одевается на концы соответствующего шнура или проволоки и на них выпрессовывается фирменный знак установленного образца. Следует обеспечить, чтобы сам по себе метод фиксации запирающего устройства был независим от пломбы.

(c) Висячие замки могут быть использованы на деревянных ящиках, а также для стальных или свинцово-стальных упаковок. Элемент, вроде просверленного столба внедряется в конструкцию упаковочного комплекта или ящика так, чтобы после того, как замок пройдет в подготовленное отверстие, получить доступ внутрь упаковки было невозможно.

636.1. За исключением резервуаров или упаковок, используемых как грузовые контейнеры, крепление упаковок, имеющих значительную массу по сравнению с массой транспортного средства, будет выполняться в общем случае с использованием стандартного оборудования способного удерживать такие большие массы. Поскольку система крепления не должна ослаблять функции упаковки в нормальных и аварийных условиях перевозки, может возникнуть необходимость сконструировать элементы системы крепления упаковки так, чтобы они разрушались в первую очередь (обычно называется «слабое звено»). Это может быть выполнено, например, конструированием узла крепления так, что он будет принимать только замковый штифт определенного максимального размера, либо будет крепиться шпильками, которые будут срезаться, или болтами, которые будут разрушаться при заданных напряжениях.

636.2. Подъемные приспособления могут быть использованы и как элементы системы крепления, Однако, если они используются таким образом, их следует конструировать для выполнения обеих функций. Раздельные подъемные элементы и элементы системы крепления следует ясно маркировать, чтобы показать их конкретное назначение, если только они не разработаны так, что невозможно их альтернативное использование, например, подъемное приспособление крюкового типа не может быть нормально использовано для целей крепления.

636.3. Можно также учесть потенциальное направленное разрушение систем крепления так, чтобы транспортные рабочие были защищены в случае лобовых столкновений, в то время как упаковка защищена от чрезмерных боковых нагрузок при боковых ударах [24]. Подробности

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

относительно рекомендуемых конструктивных соображений по упаковкам и системам их крепления см. в Приложении V.

637.1. Компоненты упаковки типа А следует разрабатывать для температурного диапазона от -40 до 70°C, который соответствует возможным колебаниям температуры окружающей среды в транспортном средстве или ином помещении либо температурам упаковки, находящейся под воздействием прямых солнечных лучей. Этот диапазон охватывает условия вероятные при обычной перевозке и транзитном хранении. Если возможен более широкий диапазон изменения внешней температуры в ходе перевозки или обращения с упаковкой, или имеется значительное внутреннее тепловыделение, то это следует учесть в конструкции. Некоторые аспекты, которые может понадобиться рассмотреть, следующие:

— расширение/сжатие элементов, относящихся к конструктивным или уплотняющим функциям;
— разложение или изменение состояния материалов в экстремальных условиях;
— свойства прочности на разрыв/пластичность и прочность упаковки;
— конструкция защиты.

638.1. Существует большое количество международных и национальных стандартов (например [2, 9, 12, 15, 25-28]), охватывающих широчайший диапазон конструкционных факторов и методов изготовления, таких как, стандарты для сосудов, работающих под давлением, стандарты для сварки или стандарты герметичности, которые могут быть использованы в конструкции, изготовлении и испытании упаковок. Конструкторам и изготовителям следует, по возможности, работать по этим установленным стандартам, чтобы развивать и демонстрировать адекватный контроль в области общих конструкций и изготовления упаковок. Использование таких стандартов также означает, что процессы конструирования и изготовления упаковок правильно понимаются всеми ключевыми персонами, находящимися иногда на различных позициях и в различных государствах-членах МАГАТЭ, вовлеченных в различные фазы процесса транспортировки; самое важное, целостность упаковки меньше всего подходит для компромисса.

638.2. Если предлагаются к использованию новые или новаторские конструкция, методы изготовления или испытания и отсутствуют соответствующие стандарты, конструктору, возможно, необходимо

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

обсудить предложения с компетентным органом для получения одобрения. Конструктору, компетентному органу или иным ответственным структурам следует уделять внимание разработке соответствующего стандарта, охватывающего любую новую конструкторскую концепцию, технологию изготовления или испытания, или материала, планируемого к применению.

639.1. Примеры способов крепления, которые могут быть пригодными:

— сварные швы;
— винтовая резьба;
— защелкивающиеся крышки;
— обжатие;
— вальцовка;
— зачеканивание;
— термоусадочные материалы;
— липкие ленты или клеи.

В зависимости от конструкции упаковки, могут походить другие способы.

640.1. В тех упаковках, где удержание радиоактивного содержимого достигается за счет использования радиоактивного материала особого вида, следует обратить внимание на требования пункта 502(f) в отношении каждой перевозки.

642.1. Определенные материалы могут вступать в химические реакции и радиолитическое взаимодействие с некоторыми из веществ, предназначенных для перевозки в упаковках типа А. Может возникнуть необходимость в проведении испытаний, чтобы гарантировать невозможность повреждения системы герметизации, как от самих реакций, так и от повышения давления вследствие этих реакций.

643.1. Это требование направлено на предотвращение чрезмерного перепада давления, возникающего в упаковке, которая была заполнена на уровне моря (или ниже) и затем была перевезена наземным транспортом на более высокую отметку. Минимальное требование для упаковок, подверженных изменению давления воздуха из-за изменения высоты, соответствует перемещению с поверхности моря на высоту 4000 м. Если упаковка могла быть закрыта на уровне моря или ниже и затем перемещена наземным транспортом на эту высоту, то она должна выдержать избыточное давление, вызванное изменением высоты так же,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

как и выдержать изменение давления, вызванное поведением ее содержимого.

643.2. Руководство относительно требований к удержанию радиоактивного содержимого, см. пункты 646.2–646.5.

644.1. Для предотвращения загрязнения, вызванного утечкой содержимого через клапаны, Правила требуют иметь какие-либо вторичные устройства или камеры (полости) для таких клапанов. В зависимости от специфики конструкции, такое устройство или камера могут помочь предотвратить несанкционированное открытие клапана, или в случае утечки, предотвратить выход содержимого наружу.

644.2. Примеры устройств, которые могут быть пригодными:

— пустые заглушки на резьбовых клапанах с использованием прокладки;
— пустые фланцы на фланцевых клапанах с прокладками;
— специально разработанные крышки или камеры для клапана на прокладках, предназначенные для предотвращения любой утечки.

В зависимости от конструкции упаковки могут быть пригодны и другие методы.

645.1. Требование пункта 645 главным образом направлено на обеспечение постоянного присутствия радиационной защиты вокруг радиоактивного вещества, чтобы минимизировать любое повышение уровня излучения на поверхности упаковки. Если радиационная защита является отдельным устройством, правильное крепление обеспечивает невозможность выхода системы герметизации, иначе как преднамеренно.

645.2. Примеры элементов конструкций, которые могут быть пригодными:

— шарнирные блокировочные устройства на крышках;
— рама, окружающая радиационную защиту, присоединенная болтами, сваркой или с помощью замков;
— резьбовые защитные пробки.

В зависимости от конструкции упаковки могут использоваться другие методы.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

646.1. Конструкция, и ограничения на содержимое упаковки типа А, предельно ограничивают любой возможный радиационный риск. Данный пункт обеспечивает ограничения по утечке и повреждению защиты в условиях нормальной перевозки, чтобы гарантировать безопасность.

646.2. Максимально допустимая скорость утечки в нормальных условиях перевозки для упаковок типа А никогда не определялась в Правилах количественно, но всегда требовалась на практике.

646.3. Практически, сложно рекомендовать единственный метод проведения испытаний, который охватывал бы широкий набор существующих упаковочных комплектов и их содержимого. Могут использоваться качественные подходы, в зависимости от упаковочного комплекта и радиоактивного содержимого. На практике предпочтение отдается методу испытания путем создания максимального перепада давления, который определяется исходя из типа содержимого и ожидаемых внешних условий.

646.4. Для твердого, гранулированного и жидкого содержимого, одним из методов удовлетворить требованию «никакой утечки или рассеивания» является метод визуальной проверки упаковки, содержащей нерадиоактивный контрольный материал, после завершения вакуумного или другого соответствующего испытания для того, чтобы определить был ли выход содержимого. В случае жидкостей в качестве индикатора может быть использован абсорбирующий материал. Таким образом, тщательная визуальная инспекция упаковки может подтвердить, что целостность сохранена и никакой утечки не возникало. Другим методом, который может быть приемлемым в некоторых случаях, является взвешивание упаковки до и после вакуумного испытания для определения того, имела ли место какая-либо утечка.

646.5. Для газообразного содержимого, визуальная проверка вряд ли будет удовлетворительной, и могут быть использованы такие методы, как метод определения всасывания или метод опрессовки с легко определяемым газом (или летучей жидкостью, создающей присутствие газообразного вещества). Опять, тщательная визуальная инспекция упаковочного комплекта может подтвердить, что целостность сохранена и никакого пути утечки не существует. Другим способом обнаружения мог бы быть простой пузырьковый метод.

646.6. Рекомендации относительно потери целостности защиты см. в пунктах 622.4–622.7.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

647.1. Свободный объем это пространство упаковки, заполненное газом, которое может быть занято жидким содержимым, расширяющимся из-за изменений в окружающей среде и условиях транспортировки. Адекватный свободный объем гарантирует, что система герметизации не подвергнется чрезмерному давлению вследствие расширения чисто жидкой системы, которая обычно полагается несжимаемой.

647.2. При определении требуемого свободного объема необходимо учитывать оба предельных значения температуры, как -40°C, так и +70°C (см. пункт 637). При более низкой температуре, увеличение давления может произойти в результате расширения при переходных температурах, когда материал меняет свое состояние от жидкого к твердому. При более высокой температуре, увеличение давления может произойти в результате расширения или парообразования жидкого содержимого. Может потребоваться анализ для обеспечения того, чтобы не оставался чрезмерный свободный объем, так как это может вызвать неприемлемые динамические волны в упаковке в ходе транспортировки. Кроме того, волны или всплески могут произойти в ходе операций по наполнению при работе с большими количествами жидкости, и конструкторам следует рассматривать эти аспекты для определенных конструкций упаковок.

648.1. Цель этих двух дополнительных требований сводится к тому, чтобы продемонстрировать либо повышенную способность упаковок типа A, предназначенных для жидкостей, противостоять воздействиям ударов, и, следовательно, показать, что доля содержимого, которое может выйти в условиях аварии, будет сравнима с утечкой из упаковок типа A, предназначенных для перевозки диспергируемых твердых веществ, либо также обеспечить дополнительный барьер безопасности, уменьшая тем самым вероятность выхода жидкости из упаковки, даже в том случае, когда она вышла из первичного внутреннего компонента системы герметизации.

648.2. Пользователь упаковок типа B(U) или типа B(M) может захотеть использовать такую упаковку для перевозки жидкости в количестве меньшем, чем A_2, и определить эту упаковку в транспортных документах, как перевозку упаковки типа A. Это устраняет некоторые административные трудности для грузоотправителя и перевозчика, и, поскольку упаковка имеет большую прочность, чем стандартная упаковка типа A, безопасность не будет снижена. В этом случае, не предъявляются требования соответствовать положению о дополнительном

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

абсорбирующем материале или вторичном внешнем компоненте системы герметизации.

649.1. Причины дополнительных испытаний для упаковок типа А, предназначенных для сжатых и несжатых газов, те же, что и для упаковок типа А, предназначенных для жидкостей (см. пункт 648.1). Однако, поскольку в случае газа нарушение системы герметизации, всегда даст 100% выхода, требуется дополнительное испытание, чтобы снизить вероятность отказа системы герметизации при данной степени тяжести аварии и, тем самым, достичь уровня опасности, сравнимого с опасностью для упаковки типа А, предназначенной для перевозки твердых диспергируемых веществ.

649.2. Исключение упаковок, содержащих тритий или благородные газы из требования в пункте 649 основано на дозиметрических моделях для этих материалов (система Q, см. обсуждение в Приложении I).

649.3. Для руководства относительно требования «никакой утечки или рассеивания» для газообразного радиоактивного содержимого, см. пункт 646.5.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УПАКОВКАМ ТИПА В (U)

650.1. Концепция упаковки типа В (U) заключается в том, что она способна противостоять наиболее серьезным аварийным условиям при перевозке без потери системы герметизации или увеличения уровня внешнего излучения в такой степени, чтобы вызвать угрозу населению или лицам, привлеченным к спасательным операциям и очистке. Ей следует быть безопасно восстанавливаемой (см. пункты 510 и 511), но она не обязательно должна быть способна для последующего использования.

651.1. Хотя требование в пункте 637, предназначенное для упаковок типа А, нацелено на охват большинства условий, которые могут вызвать разрушение упаковочного комплекта, для упаковок типа В(U) требуется дополнительный анализ температур элементов упаковочного комплекта применительно к конкретной конструкции. В основном это предусматривается потому, что упаковки типа В (U) могут быть разработаны для содержимого, которое выделяет значительные количества тепла, и температуры компонентов в такой упаковке могут превысить 70°С, как указано в требовании для упаковок типа А. Цель задания конкретной

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

температуры окружающей среды 38°C для конструкции состоит в том, чтобы гарантировать, что разработчик правильно оценивает температуры компонентов упаковки и учитывает влияние этих температур на геометрию, защиту, работоспособность, коррозию и температуру поверхности. Кроме того, требование, чтобы упаковка могла находиться в течение недели необслуживаемой при температуре 38°C и под воздействием солнечных лучей, направлено на то, чтобы гарантировать, что упаковка будет находиться в равновесном или близком к нему состоянии, и в этом состоянии будет способна выдержать условия нормальной перевозки, демонстрируемые испытаниями по пунктам 719–724, без потери содержимого или снижения радиационной защиты.

651.2. Оценка температурных условий окружающей среды должна принимать во внимание, тепло, генерируемое содержимым, которое может быть таким, что максимальная температура некоторых компонентов упаковки значительно превысит максимум 70°C, установленный для конструкций упаковок типа A.

651.3. Смотри также пункты 637.1, 652.1, 652.2, 654.1-654.9, 664.1–664.3 и Приложение VI.

651.4. Для определения внутренней и внешней температур упаковки при нормальных условиях могут быть использованы практические испытания, с имитированием электрическим источником тепла тепловыделения радиоактивного распада содержимого. Таким образом, источник тепла может быть управляемым и измеряемым. Такие испытания следует выполнять в однородной и стабильной тепловой среде (т.е. относительно постоянная температура окружающей среды, спокойный воздух и минимальный подвод тепла от внешних источников, таких как солнечный свет). Упаковку с ее источником тепла следует подвергать испытаниям в течение времени, достаточного для установления постоянных значений интересующих температур. Температуру окружающей среды и внутренний источник тепла в испытании следует измерять и использовать для линейной коррекции всех измеренных температуры упаковки и приведения их к значениям, соответствующим температуре окружающей среды 38°C.

651.5. Для испытаний, выполняемых в неконтролируемых средах (например, на открытом воздухе), колебания условий окружающей среды (например, суточные) могут сделать невозможным достижение постоянных стационарных температур. В таких случаях, следует измерять периодические квазистационарные температуры (как для окружающей

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

среды, так и для упаковки), допуская корреляции, которые необходимо делать между усредненными температурами окружающей среды и упаковки. Эти результаты, вместе с данными о внутреннем источнике тепла, могут быть использованы, для предсказания температур упаковки, соответствующих температуре окружающей среды 38°C.

652.1. Температуры поверхности упаковок, содержащих радиоактивные материалы, генерирующие тепло, будут выше температуры окружающей среды. Ограничения для температуры поверхности необходимы, чтобы защитить смежный груз от возможного повреждения и защитить персонал, обслуживающий упаковки во время погрузки и разгрузки.

652.2. При установленном пределе температуры поверхности упаковки 50°C и температуре окружающей среды 38°C, другой груз не будет перегреваться, и никто не пострадает от ожога при прикосновении к поверхности или при обращении с упаковкой. Более высокая температура поверхности разрешена в условиях исключительного использования (за исключением перевозок по воздуху); см. пункт 662 Правил и пункты 662.1–662.4.

653.1. См. пункт 664.1.

654.1. В процессе перевозки, упаковка может быть нагрета солнечными лучами. Эффект солнечного нагрева состоит в увеличении температуры упаковки. Чтобы избежать трудностей, пытаясь точно учесть много переменных, значения инсоляции были согласованы на международной основе (они представлены в Таблице XI Правил). Значения инсоляции определены, как однородные тепловые потоки, воздействующие в течение 12 часов и сопровождающиеся 12 часами нулевой инсоляции. Предполагается, что упаковки открыты; поэтому ни затенение, ни отражение от соседних конструкций не принимается во внимание. В Таблице XI приведена максимальная величина теплового потока для обращенной вверх горизонтальной поверхности и нуль для обращенной вниз горизонтальной поверхности, которая не получает никакой инсоляции. Принято, что вертикальная поверхность нагревается только полдня, и только с половинной эффективностью (по сравнению с горизонтальной поверхностью, обращенной вверх); поэтому табличная величина инсоляции вертикальной поверхности составляет одну четверть максимальной величины для обращенной вверх плоской поверхности. Для искривленных поверхностей, меняющих ориентацию от горизонтального до вертикального положения, резонно назначена величина, равная

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

половине от максимальной величины для плоских поверхностей, обращенных вверх. Использование согласованных величин гарантирует единообразие при выполнении оценок безопасности, создавая общую базу для цели расчетов.

654.2. Данные по инсоляции, приведенные в таблице XI Правил, являются однородными потоками тепла. Их следует применять на уровнях, установленных для 12 часов (дневной свет), за которыми следует 12 часов отсутствия инсоляции (ночь). Такую циклическую шаговую функцию следует применять до тех пор, пока интересующие температуры не достигнут состояния устойчивого периодического поведения.

654.3. Простой, но консервативный метод оценки влияния инсоляции состоит в применении постоянного равномерного теплового потока в величинах, установленных в Таблице XI. Использование этого метода позволяет избежать необходимости выполнения нестационарного теплового анализа; выполняется только простой анализ стационарного состояния.

654.4. Для более точной модели, может быть использована синусоидальная зависимость теплового потока от времени, чтобы представить инсоляцию в течение дня для плоских и искривленных поверхностей. Требуется, чтобы интегральное (полное) поступление тепла к поверхности между восходом и заходом солнца было равно соответствующей величине суммарного тепла для табличных значений за 12 часов (т. е. умножить табличное значение на 12 часов, чтобы получить суммарный подвод тепла в Вт/м^2). Для этой модели в период между закатом и восходом тепловой поток равен нулю. Модель циклической инсоляции следует применять до тех пор, пока интересующие температуры не достигнут режимов квазиустойчивого периодического поведения.

654.5. Обращенная вниз плоская поверхность не может получать никакой инсоляции, и к ней применяется значение «отсутствует» таблицы XI. Для любой горизонтальной обращенной вверх поверхности применимы значения таблицы XI. Негоризонтальные поверхности могут включать вертикальные или почти вертикальные поверхности (то есть, отклоняющиеся от вертикальной на угол до 15); для этих поверхностей применяется величина из таблицы XI для вертикальных поверхностей. Для наклоненных вверх поверхностей, которые отклоняются от вертикали более чем на 15, может быть использована площадь горизонтальной проекции этой плоскости в совокупности с табличной величиной, приведенной в таблице для плоской, обращенной вверх

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

поверхности. Для наклоненных вниз поверхностей, которые отклоняются от вертикали более чем на 15, может быть использована площадь вертикальной проекции этой плоскости в совокупности с табличной величиной, приведенной в таблице IX для плоской, вертикальной поверхности.

654.6. Величину инсоляции для искривленных поверхностей, приведенную в таблице XI, следует применять ко всем изогнутым поверхностям любой ориентации.

654.7. Элементы упаковки, уменьшающие инсоляцию любой поверх-ности (то есть, затеняющие поверхность упаковки), могут быть приняты во внимание при проведении тепловых оценок. Любые такие элементы, о которых предполагается, что они снижают инсоляцию, не следует принимать во внимание при проведении тепловых оценок, если их эффективность может быть уменьшена в результате воздействия на упаковку в ходе испытаний, соответствующих нормальным условиям перевозки.

654.8. Поскольку передача тепла излучением зависит от излучательной и поглощающей способности поверхности, следует принимать во внимание вариации этих свойств. Эти свойства зависят от длины волны. Излучение солнца характеризуется высокой температурой и короткой длиной волны, в то время как излучение от поверхности упаковок характеризуется относительно низкой температурой и большой длиной волны. Во многих случаях, поглощающая способность будет ниже, чем излучательная, так что, использование более высокой величины в обоих случаях даст больший коэффициент запаса, если целью является рассеяние тепла. В других случаях можно воспользоваться преимуществом естественно возникающего различия в этих свойствах, или поверхность можно рассматривать, пользуясь преимуществом такого различия для снижения влияния инсоляции. Когда различия в свойствах поверхности используются, как средства тепловой защиты для уменьшения влияния инсоляции, следует продемонстрировать работоспособность системы тепловой защиты, и показать, что система остается целой при нормальных условиях перевозки.

654.9. Оценка температуры упаковки при перевозке радиоактивного материала может быть выполнена путем анализа или испытания. Испытания, если они используются, следует выполнять на полномасштабных моделях. Если источником излучения является не солнечный свет, следует принимать во внимание различия между длиной волны солнечного излучения и длинной волны источника. Испытание следует

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

продолжать до тех пор, пока не установится тепловое равновесие (либо постоянное стационарное, либо устойчивое периодическое состояние в зависимости от источника). Где необходимо, следует делать поправку на температуру окружающей среды и внутреннее тепло.

655.1. В общем случае, покрытия для тепловой защиты делятся на две группы: те, что подвергаются химическим изменениям, под воздействием тепла (например, абляционные и вспучивающиеся материалы) и те, которые обеспечивают фиксированный изоляционный барьер (включая керамические материалы).

655.2. Обе группы подвержены механическим повреждениям. Материалы абляционного и вспучивающегося типа, как правило, мягкие и могут быть повреждены скольжением по грубым поверхностям (таким как бетон или гравий) или перемещением по ним жестких объектов. Напротив, керамические материалы очень жесткие, но обычно хрупкие и не в состоянии выдержать удар, не трескаясь и не ломаясь.

655.3. Обычно происходящие инциденты, которые могли бы вызвать повреждение материалов тепловой защиты включают: относительное перемещение между упаковками и контактными поверхностями транспортного средства в процессе перевозки; пробуксовку по гравийной дороге; соскальзывание по поврежденному рельсовому пути или по краю металлического предмета; подъем и опускание возле с зацеплением головок болтов соседних конструкций или оборудования; удары других упаковок (не обязательно содержащих радиоактивный материал) в процессе складирования или транспортировки и многие другие ситуации, которые не входят в условия испытаний, требуемых в пунктах 722–727. Упаковки, испытываемые простым падением, не получают повреждений поверхности, репрезентативных с позиции перекатывающих и скользящих движений, то есть, видов движения, обычно связанных с авариями транспортных средств, и упаковки, испытываемые в последствии на тепловое воздействие могут иметь покрытие, которое в практических условиях аварии возможно было повреждено.

655.4. Повреждение тепловой защиты может уменьшить его эффективность, по крайней мере, над частью поверхности. Разработчику упаковки следует оценивать влияние повреждений такого типа.

655.5. Эффекты старения и воздействия условий окружающей среды на защитные материалы также необходимо учитывать. Свойства некоторых

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

материалов изменяются со временем от воздействия температуры, влажности или других условий.

655.6. Покрытие может быть защищено применением дополнительных направляющих (салазок) или буферов, предотвращающих скользящее или истирающее воздействие на материал. Прочный внешний кожух из металла или транспортный пакет может обеспечить хорошую защиту, но может и изменить тепловые характеристики упаковки. Наружная поверхность упаковки может быть сконструирована так, чтобы тепловая защита была положена в углублениях.

655.7. С согласия компетентного органа могут быть проведены тепловые испытания с произвольным повреждением тепловой защиты, чтобы продемонстрировать эффективность поврежденной тепловой защиты, если можно показать, что полученные повреждения, будут консервативны в отношении результатов испытаний.

656.1. Концепция установления норм по герметичности для упаковок с большим радиоактивным источником в единицах выхода активности при определенных условиях испытаний впервые была введена в издание Правил 1967 года.

656.2. Предел скорости выхода не более чем $A_2 \times 10^{-6}$ в час для упаковок типа B(U) после испытаний, проводимых для демонстрации способности выдерживать нормальные условия перевозки, был первоначально получен из соображений наиболее неблагоприятных ожидаемых условий. Это соответствовало ситуации, когда работник подвергался воздействию активности от протечки радиоактивного материала из упаковки в ходе перевозки по автомобильной дороге в закрытой машине. Конструкционный принцип, заложенный в Правила, состоит в том, что следует избегать радиоактивной утечки из упаковки типа B(U). Однако, поскольку абсолютную герметичность гарантировать нельзя, цель определения максимально допустимой скорости «утечки активности» состоит в том, чтобы обеспечить возможность регламентации процедур соответствующих и реалистичных испытаний, привязанных к приемлемым критериям радиологической защиты. Модель, использованная для вывода скорости утечки $A_2 \times 10^{-6}$ в час, обсуждается в Приложении I.

656.3. В пересмотренном издании Правил 1973 года (исправленном) было установлено, что излучение на расстоянии 1 м от поверхности упаковки типа B(U), содержащей определенный радионуклид, не должно

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

превышать более чем в 100 раз величину излучения, существовавшую до проведения испытания. Это требование представляло собой нереалистичное ограничение в отношении конструкции упаковок, разработанных для перевозки других радионуклидов. Поэтому, начиная с издания Правил 1985 года был предусмотрен определенный максимальный уровень излучения 10 мЗв/час, безотносительно от вида радионуклида.

656.4. Пределы выхода не более чем 10 A_2 для Kr-85 и не более чем A_2 для всех других радионуклидов в течение периода одной недели для упаковок типа B(U) после испытаний, имитирующих нормальные и аварийные условия перевозки, представляют собой упрощение положений Правил 1973 года издания. Это изменение было введено, как следствие осознания того факта, что предел, установленный для упаковок типа B(U), явился неоправданно ограничивающим по сравнению с нормами безопасности, обычно применяемыми к площадкам ядерных реакторов [29, 30], особенно для условий тяжелых аварий, которые ожидаются как крайне редкие события. Радиационные последствия утечки A_2 из упаковки типа B(U) в аварийных условиях обсуждаются подробно в другом месте [31]. Если предположить, что аварии с уровнем тяжести, имитирующимся в испытаниях для упаковок типа B(U), описанных в Правилах, будут приводить к таким условиям, что всех лиц в непосредственной близости от поврежденной упаковки следует быстро эвакуировать, или оставить работающими под наблюдением и контролем специалистов по радиологической защите, то представляется маловероятным, чтобы случайное облучение лиц, каким-то образом оказавшихся вблизи от места аварии, превысило годовую дозу или предел поступления для рабочих, приведенные в Основных нормах безопасности (BSS). Специальное положение для случая присутствия Kr-85, который является единственным радионуклидом благородных газов, имеющим практическое значение при перевозках облученного топлива, является следствием специального анализа дозиметрических последствий облучения в радиоактивном шлейфе, для которого модель, использованная для вывода значения A_2, для негазовых радионуклидов, не подходит [32].

656.5. Правила требуют, чтобы упаковки типа B(U), конструировались так, чтобы ограничивать потерю радиоактивного содержимого до приемлемого низкого уровня. Это определено, как допустимый выход радиоактивного материала, выраженный в долях A_2 в единицу времени для нормальных и аварийных условий перевозки. Эти критерии имеют то преимущество, что выражают желаемую работоспособность системы герметизации через наиболее интересующий параметр: потенциальную

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

опасность от конкретного радионуклида в упаковке. Недостатком этого метода является то, что прямое измерение обычно невозможно и требуется его применение к каждому рассматриваемому радионуклиду в той физической и химической форме, которая ожидается после механических, тепловых испытаний и испытания на погружение в воду. Более практично использовать хорошо разработанные методы определения утечки, такие как испытания на газовую утечку, см. ANSI N14.5 [27] и ISO 12807 [28]. В общем случае, в испытаниях на утечку измеряется поток вещества, пересекающего границы системы герметизации. Поток может содержать трассирующий (меченый) материал, такой как газ, жидкость, порошок или реальное или суррогатное содержимое. Поэтому следует определить средства для корреляции измеренного потока с утечкой радиоактивного материала при определенных условиях. Утечка этого радиоактивного материала может потом сравниваться с максимальной скоростью утечки, допустимой Правилами. Если трассирующий материал – газ, то скорость утечки может быть определена как массовая скорость потока. Если трассирующий материал является жидкостью, то можно определить либо скорость утечки, как объемную скорость потока, либо общую утечку, как объем. Если трассирующий материал – порошок, общая утечка может быть выражена в виде массы. Наконец, если трассирующий материал радиоактивен, утечка может быть выражена в виде активности. Объемный расход для жидкостей и массовый расход для газов может быть вычислен с использованием установленных уравнений. Если утечка порошка вычислена в предположении, что порошок ведется себя как жидкость или аэрозоль, результат будет очень консервативным.

656.6. Основной метод вычислений, таким образом, предполагает знание двух параметров: концентрации радиоактивного содержимого в упаковке, и объемного расхода его утечки. Требуется, чтобы результат расчетов по этим двум параметрам был бы ниже, чем разрешенная скорость утечки, выраженная как доля A_2 в единицу времени.

656.7. Для упаковок, содержащих радиоактивные материалы в жидкой или газообразной форме, должна быть определена концентрация радиоактивности, чтобы преобразовывать Бк/ч (скорость утечки активности) в $м^3/с$ (объемная скорость утечки) в эквивалентных условиях перевозки. Когда содержимое включает смеси радионуклидов (R1, R2, R3, и т.д.), «правило объединения», определенное в пункте 404, используются следующим образом:

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

$$\frac{\text{Потенциальная утечка R1}}{\text{Допустимая утечка R1}} + \frac{\text{Потенциальная уте чка R2}}{\text{Допустимая утечка R2}} + \frac{\text{Потенциальная утечка Rn}}{\text{Допустимая утечка Rn}} \leq 1$$

656.8. Из этого и из предположения, что скорость утечки на рассматриваемом интервале времени постоянна, требуется, чтобы активность газа или жидкости в упаковке и объемная скорость утечки удовлетворяли следующим условиям:

Для условий, оговоренных в пункте 656(a),

$$\sum_i \frac{C_{(Ri)}}{A_{2(Ri)}} \leq \frac{10^{-6}}{3600\ L} = \frac{2.78 \times 10^{-10}}{L}$$

Для условий, оговоренных в пункте 656(b)(ii),

$$\sum_i \frac{C_{(Ri)}}{A_{2(Ri)}} \leq \frac{1}{7 \times 24 \times 3600\ L} = \frac{1.65 \times 10^{-6}}{L}$$

где

$C_{(Ri)}$ – концентрация каждого радионуклида в ТБк/м^3 в жидкости или газе при стандартных условиях температуры и давления (СТД),

$A_{2(Ri)}$ – предел, определенный в таблице I Правил в ТБк для этого нуклида,

L – допустимая скорость утечки в м^3/с жидкости или газа при СТД

Значение C может также быть определено, как:

$$C = GS$$

где

G – концентрация радионуклида в кг/м^3 в жидкости или газе при СТД,

S – удельная активность нуклида в ТБк/кг чистого нуклида, (см. Приложение II), или

$$C = F\ g\ S$$

где

F – доля присутствия радионуклида в элементе (процент/100),

g – концентрация элемента кг/м^3 в жидкости или газе при СТД.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

656.9. Заметим, что допустимая скорость утечки после испытаний для нормальных условий перевозки приведена в размерности ТБк/час, а для аварийных условий в ТБк/неделю. Вряд ли, какая-либо утечка после аварии будет иметь постоянную скорость. Интересующей величиной является скорость утечки за неделю, а не скорость в каждый момент времени в течение недели (то есть скорость утечки из упаковки может быть очень высокой в короткий период времени, следующий за аварией, а затем не будет истекать практически ничего за всю оставшуюся неделю, пока суммарная величина не превысит A_2 за неделю).

656.10. Рассчитанная допустимая утечка радиоактивной жидкости или газа может быть затем преобразована в эквивалентную утечку газа в испытании при определенных условиях, с учетом давления, температуры и вязкости посредством уравнений для ламинарных и/или молекулярных условий потока, примеры которых даны в Американском национальном стандарте ANSI N14.5-1977 [27] или стандарте ISO (DIS) 12807 [28]. В конкретных случаях, где высокий перепад давления может привести к высокой расчетной скорости газа, турбулентный поток может быть более ограничивающим обстоятельством, и это следует принять во внимание.

656.11. Утечка газа, определенная указанным выше методом, может варьироваться от 1 Па·м^3/с до менее чем 10–10 Па·м^3/с в зависимости от величин A_2 радионуклидов и их концентрации в упаковке. Обычно на практике, нет необходимости, чтобы метод испытания был более чувствительным, чем 10^{-8} Па·м^3/с для перепада давления 1×10^5 Па, чтобы квалифицировать упаковку, как герметичную. Если оцененная допустимая скорость утечки превышает 10^{-2} Па·м^3/с, то в качестве предельной величины рекомендуется 10^{-2} Па·м^3/с, поскольку она легко достижима на практике.

656.12. Если упаковка сконструирована для материалов, состоящих из твердых частиц, можно воспользоваться экспериментальными данными о переносе твердых частиц через дискретные каналы утечки или через уплотнения, чтобы определить условия испытания газом. Это обычно дает повышенную объемную скорость утечки по сравнению с допущением, что материал, состоящий из частиц, ведет себя, как жидкость или аэрозоль. На практике, не ожидается, что порошок, даже с минимальными размерами частиц, просочится через уплотнение, которое испытано гелием с результатом лучшим, чем 10^{-6} Па·м^3/с при перепаде давления 1×10^5 Па.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

656.13. В конструкции упаковок, максимальные уровни излучения устанавливаются как для поверхностей (пункты 531 и 532), так и на расстоянии 1 м от поверхности (как определено в пунктах 530 и 526). После выполнения испытаний для аварийных условий допускается увеличение уровня излучения при условии, что предел 10 мЗв/час на расстоянии 1 м от поверхности не превышается, если упаковка загружена максимально допустимым количеством активности.

656.14. Когда для упаковки типа B(U) необходима защита, она может состоять из ряда материалов, некоторые из которых могут быть потеряны в процессе испытаний на аварийные условия. Это приемлемо, при условии, что оставшейся защиты достаточно, чтобы обеспечить уровень излучения на расстоянии 1 м от «новой» (после испытания) поверхности не более чем 10 мЗв/час.

656.15. Демонстрация соответствия приемочному критерию не более чем 10 мЗв/час на расстоянии 1 м от поверхности упаковки типа B(U) после испытаний может быть проведена несколькими способами: расчетами, испытаниями на моделях, частях или компонентах упаковки, испытаниями на прототипах, и т.п., или путем их комбинации. При проверке соблюдения следует уделять внимание возможным локальным повышенным уровням излучения, проходящего через трещины или зазоры, которые могут появиться как дефект конструкции или изготовления, или возникнуть в процессе испытаний в результате механических или термических напряжений, особенно в дренажах, клапанах и крышках.

656.16. Когда проверка соблюдения Правил основана на полномасштабном испытании, оценка потери защиты может быть сделана путем установки подходящего радиоактивного источника в образец и мониторинга всей внешней поверхности с помощью соответствующего детектора, например фотопленки, проб Гейгера-Мюллера или сцинтиляционных образцов. Для толстой защиты обычно применяется сцинтилляционный образец, например NaI, активизированный таллием, небольшого диаметра (около 50 мм), потому что он допускает использование низко активных источников, типичный из них Co-60, и потому, что его высокая чувствительность и небольшой эффективный диаметр позволяют, легко и эффективно обнаруживать повышенные локальные уровни излучения. Если измерения сделаны около поверхности упаковочного комплекта, следует уделить внимание обеспечению правильного измерения (см. пункт 233.5) уровня излучения и, усреднению результатов (см. пункт 233.6). Затем понадобятся расчеты,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

чтобы соотнести измеренный уровень излучения к условиям на расстоянии 1 м от наружной поверхности упаковки. Наконец, если радиоактивное содержимое, для которого разработана упаковка, не используется в испытании, будут необходимы дальнейшие расчеты для того, чтобы пересчитать измеренный уровень на тот, который имел бы место в случае использования в испытании содержимого конструкции упаковки.

656.17. Использование свинца в качестве защитного материала требует особого внимания. Свинец имеет низкую температуру плавления и высокий коэффициент расширения, следовательно, его следует защищать от воздействия теплового испытания. Если он содержится в относительно тонкой стальной оболочке, которая может быть пробита в процессе механических испытаний на удар, и если свинец расплавится при пожаре, он может выйти из упаковки. Также, из-за своего высокого коэффициента расширения, свинец может порвать оболочку в ходе тепловых испытаний и быть потерян. В обоих этих случаях после теплового испытания может иметь место чрезмерно повышенный уровень излучения. Чтобы преодолеть проблему расширения, можно оставить свободные объемы, позволяющие свинцу расширяться, однако, следует признать, что при охлаждении свинца, появится пустота, положение которой будет трудно определить. Следующая проблема состоит в том, что свинец не всегда плавится однородно, вследствие неоднородности конструкции упаковочного комплекта и внешних условий горения. При этом локальное расширение свинца может привести к повреждению оболочки и соответствующей утечке свинца и, таким образом к снижению защитной способности упаковки.

656.18. Дополнительное руководство по испытанию целостности радиационной защиты можно найти в литературе [33-38].

656.19. Упаковки, разработанные для перевозки облученного топлива, представляют определенную проблему, которая состоит в том, что в облученном топливе активность сосредоточена в продуктах деления в топливных стержнях, которые перед облучением были закрыты. Ожидается, что стержни, которые при погрузке в упаковку были неповрежденными, удержат эту активность при нормальных условиях перевозки.

656.20. В аварийных условиях перевозки, облученные топливные стержни могут быть повреждены, с последующим выходом радиоактивности в

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

объем системы герметизации упаковки. Поэтому для оценки герметичности упаковки необходимы данные относительно состава продуктов деления, возможной степени повреждения оболочки топливного стержня и механизма выхода радиоактивности из топливного стержня в систему герметизации упаковки.

656.21. Описанные выше методы оценки требований к герметичности упаковки обычно применяются в двух вариантах:

(a) Если упаковка конструируется для конкретной цели, радиоактивное содержимое точно определено и норма герметичности может быть установлена на этапе конструирования.
(b) Когда требуется, чтобы существующая упаковка с известной нормой по герметичности была использована не по тому назначению, для которого она была разработана, и необходимо определить максимально допустимое количество радиоактивного содержимого.

656.22. В случае утечки смеси радионуклидов из упаковки типа B(U), эффективное значение A_2 может быть вычислено методом, описанным в пункте 404, используя доли активности составляющих радионуклидов f(i), соответствующие форме смеси, которые реально могут проходить через уплотнения. Это не обязательно доля всего содержимого внутри самой упаковки, так как часть содержимого может быть в виде твердых частей, слишком больших, чтобы проходить через каналы в уплотнении. В общем случае, для утечки жидкостей и газов фракционные доли соотносятся с газообразными или растворенными радионуклидами. Однако необходимо учитывать тонко измельченный твердый взвешенный материал.

656.23. Если упаковка имеет уплотнение из эластичных материалов, то проницаемость газов и паров может привести к сравнительно высоким скоростям утечки. Проницаемость – это прохождение жидкости или газа через твердый барьер (не имеющий прямых каналов для утечки) за счет процессов абсорбции-диффузии. Если радиоактивный материал является газообразным (например, газообразный продукт деления), скорость утечки за счет проницаемости определяется парциальным давлением газа, а не общим давлением в системе герметизации. Тенденция эластичных материалов к абсорбции газов также может быть принята во внимание.

656.24. Следует отметить, что в случае некоторых крупных упаковок, очень малая утечка радиоактивного материала в течение длительного периода времени может привести к загрязнению внешней поверхности. В

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

этих случаях может понадобиться уменьшить утечку при нормальных условиях перевозки (пункт 656(a)), чтобы обеспечить непревышение допустимого предела загрязнения поверхности (пункты 214, 508 и 509).

657.1. Для морской перевозки радиоактивных материалов в течение нескольких лет выполнены различные оценки риска, включая те, что приведены в литературе [39, 40]. Эти исследования рассматривают возможность затопления судна, перевозящего радиоактивные материалы при различных обстоятельствах; сценарии аварий включают столкновения, с последующим затоплением, либо столкновения, с последующим пожаром и затем – затоплением.

657.2. В общем случае было обнаружено, что большинство ситуаций приведут к незначительному воздействию на окружающую среду и минимальному облучению людей, если упаковки не извлекать после аварии. Было обнаружено, однако, что если большая упаковка (или упаковки) с облученным топливом будет потеряна на материковом шельфе, возможно длительное облучение людей через пищевую цепочку потребления морепродуктов. Было обнаружено, что радиационное воздействие в случае потери упаковки с облученным топливом на большей глубине или других упаковок на любой глубине будет на порядок ниже, чем эти величины. Последующие исследования рассматривали радиационное воздействие для случаев потери других радиоактивных материалов, которые в возрастающем количестве перевозятся морем, таких как, плутоний и высокорадиоактивные отходы. На основе этих исследований, область распространения усиленного испытания погружением в воду в Правилах издания 1996 года была расширена, чтобы охватить перевозку в больших количествах любых радиоактивных материалов, а не только облученного ядерного топлива.

657.3. В интересах сохранения радиологического воздействия на разумно достижимом низком уровне если такая авария произойдет, в издание Правил 1985 года было добавлено требование проведения испытания погружением в воду на глубину 200 м упаковок с облученным топливом, содержащих активность более 37 ПБк. В настоящем издании Правил порог, определяющий «большое количество» заменен величиной кратной A_2, которая считается более подходящим критерием для охвата всех радиоактивных материалов, поскольку базируется на анализе внешнего и внутреннего облучения людей в результате аварии. Глубина 200 м приблизительно соответствует континентальному шельфу и глубинам, для которых упомянутые выше исследования показали, что радиологическое

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

воздействие может быть значительным. Поднятие упаковок с этой глубины возможно и часто может быть желательным. Хотя, согласно результатам оценок риска, влияние ожидаемой радиоактивной утечки на окружающую среду будет приемлемым, были установлено требование пункта 657, поскольку подъем после аварии будет облегчен, если система герметизации не будет разрушена, и, следовательно, только удержание твердого содержимого в упаковке считается необходимым. Поэтому конкретные требования по скорости утечки, используемые для других испытаний (см. пункт 656), здесь не применяются.

657.4. Во многих случаях для конструкций упаковок типа B(U) необходимость выполнения требований других пунктов Правил приводит к тому, что система герметизации остается совершенно неповрежденной при погружении в воду на глубину 200 м.

657.5. В случаях, когда эффективность системы герметизации снижена, считается, что возможна протечка в упаковку, а затем утечка из упаковки.

657.6. Целью условий в отношении степени повреждения системы герметизации следует считать ограничение утечки только растворенным радиоактивным материалом. Удержание твердого содержимого внутри упаковки существенно упростит подъем упаковки.

657.7. Разрушение всей системы герметизации может произойти при длительном погружении, и рекомендации, сделанные в пунктах, упомянутых выше, следует считать применимыми консервативно для случая погружения на период около одного года, в течение которого извлечение вполне может быть завершено.

658.1. Усложнение конструкции, дополнительная неопределенность и возможно ненадежность, обусловленные использованием в конструкции фильтров и механических систем охлаждения не соответствуют философии, лежащей в основе назначения упаковки типа B(U) (одностороннее утверждение компетентным органом). Более простой конструкционный подход, в котором ни фильтры, ни системы охлаждения не используются, имеет много более широкую приемлемость.

660.1. После закрытия упаковки, внутреннее давление может расти. Существует несколько механизмов, которые могут внести вклад в такой рост, включая воздействие на упаковку высокой окружающей температуры, воздействие солнечного тепла (т.е. инсоляция), тепло

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

радиоактивного распада содержимого, химическую реакцию содержимого, радиолиз в упаковках, заполненных водой, или их комбинацию. Максимальная величина давления, которую можно ожидать в результате действия перечисленных факторов в условиях нормальной перевозки, называется максимальным нормальным рабочим давлением (МНРД) – см. пункты 228.1–228.3.

660.2. Такое давление может неблагоприятно повлиять на работоспособность упаковки, поэтому его необходимо принимать во внимание при оценке работоспособности в нормальных условиях.

660.3. Аналогично, при оценке способности противостоять аварийным условиям (пункты 726–729) наличие предварительно существующего в упаковке давления представляет более тяжелые условия, при которых удовлетворительная работоспособность упаковки должна быть продемонстрирована, – следовательно, при определении условий испытания необходимо предположить наличие МНРД (см. пункты 228.1 и 228.2). Если это можно обосновать, то возможно использовать давление отличное от МНРД при условии, что результаты могут быть скорректированы для учета МНРД.

660.4. Упаковки типа B(U) обычно не являются сосудами, работающими под давлением, и не соответствует точно правилам и нормам, охватывающим такие сосуды. Для испытаний, требуемых для проверки способности упаковок типа B(U) выдерживать как нормальные, так и аварийные условия перевозки, требуется проводить оценки с учетом МНРД. При нормальных условиях перевозки главными конструктивными соображениями являются обеспечение адекватной защиты и ограничение радиоактивной утечки при весьма небольшом внутреннем давлении. Аварийная ситуация представляет собой единичное экстремальное событие, после которого повторное использование не рассматривается как цель конструкции. Такое экстремальное событие характеризуется короткой продолжительностью, циклами высоких напряжений в период механических испытаний при нормальных давлении и температуре, за которыми следует единичный длительный цикл напряжений, вызванных давлением и температурой в ходе теплового испытания. Ни один их этих циклов напряжений не соответствует типу нагрузок сосудов, работающих под давлением, конструкция которых учитывает долговременные процессы разрушения вследствие таких факторов, как ползучесть, усталость, трещинообразование, коррозия. По этой причине в Правила не включены рекомендации относительно допустимого уровня напряжений.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Вместо этого деформации в системе герметизации ограничены значениями, которые не затрагивают ее способность удовлетворять соответствующим требованиям. Хотя можно предполагать, что другие требования в конце концов становятся важными, удержание радиоактивного материала – это то, для чего существует система герметизации. Прежде, чем произойдет разрушение, весьма вероятно, что система герметизации, особенно в повторно используемых упаковочных комплектах с механически уплотняемыми соединениями, даст течь. Поэтому следует определять степень, при которой напряжения в различных элементах деформируют систему герметизации и нарушат целостность ее уплотнения. Следует оценивать снижение сжатия уплотнений, вызываемое, например, растяжением болтов и локальным повреждениям вследствие ударов и поворотами поверхностей уплотнения в период наличия термических градиентов. Один из методов оценки состоит в том, чтобы определить деформацию от удара непосредственно по результатам испытания на свободное падение, проведенного на представительной масштабной модели, и объединить его с деформацией, рассчитанной при тепловом испытании с использованием признанной и проверенной компьютерной программы. Влияние общих нарушений на целостность уплотнения может затем быть определено эксперимен-тально на представительных моделях уплотняющих устройств с соответственно уменьшенным сжатием уплотнения.

660.5. МНРД следует определять в соответствии с определением, данным в пункте 228.

660.6. Рекомендуется, чтобы напряжения в системе герметизации в нормальных условиях перевозки при максимальном нормальном рабочем давлении находились в пределах упругой области. Следует обеспечивать, чтобы в условиях аварии напряжения не превышали значений, которые обуславливают утечку большую, чем это установлено в пункте 656(b), и уровень внешних излучений выше, чем установлено требованиями пункта 656.

660.7. Если для оценки эксплуатационных характеристик упаковки применяется расчетный анализ, МНРД следует использовать в качестве граничного условия для расчета воздействия испытаний, предназначенных для демонстрации способности упаковки выдержать условия нормальной перевозки, и как начальное условие для оценки воздействия испытаний, предназначенных для демонстрации способности противостоять аварийным условиям перевозки.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

661.1. Требование, чтобы МНРД не превышало 700 кПа, определяет предел для упаковок типа B(U), который должен быть приемлемым для одностороннего утверждения.

662.1. Предел 85°C по температуре поверхности упаковок типа B(U) при исключительном использовании, когда возможное повреждение соседнего груза может хорошо контролироваться, необходим для предохранения воздействия на людей при случайном соприкосновении с упаковками. Когда условия исключительного использования не применимы и для всех случаев авиаперевозок температура поверхности ограничена 50°C, чтобы избежать повреждений соседнего груза. Барьеры и экраны, упомянутые в пункте 662, не считаются частью конструкции упаковки, предназначенной для радиационной безопасности; поэтому они исключены из любых испытаний, связанных с конструкцией упаковки.

662.2. Инсоляцией можно пренебречь в отношении температуры доступных поверхностей, и учитывается только тепло от внутренних источников. Оправданием такого упрощения может служить то обстоятельство, что любая упаковка с внутренними источниками тепла или без них будет испытывать одинаковое увеличение температуры в условиях инсоляции.

662.3. Понятие легкодоступная поверхность не является точным описанием, но используется здесь, чтобы обозначить те поверхности, которых может коснуться человек, не связанный с операциями по перевозке. Например, использование лестницы может сделать поверхности доступными, но это не может быть причиной, чтобы рассматривать поверхности, как легкодоступные. В этом же смысле поверхности между тесно расположенными ребрами не следует считать легкодоступными. Если ребра расположены широко, скажем на ширину ладони человека или более, тогда поверхность между ними может считаться легкодоступной.

662.4. Барьеры или экраны могут быть использованы для защиты от высоких температур поверхности, и все же в категориях утверждения упаковка остается упаковкой типа B(U). Примером может быть густо оребренная упаковка, оборудованная подъемными цапфами, установка которых может потребовать локального удаления части ребер в непосредственной близости от цапф, превращая тем самым основной корпус упаковки в доступную поверхность. Защита может быть обеспечена путем использованием барьеров, таких как расширенный металлический экран или кожух, эффективно предохраняющий от

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

доступа или контакта с упаковкой людей при обычной перевозке. Такие барьеры должны рассматриваться, как доступные поверхности, и поэтому к ним применимы соответствующие температурные пределы. Следует обеспечить, чтобы использование барьеров или экранов не снижало способность упаковки удовлетворять требованиям по теплообмену и не снижало ее безопасности. Сохранение такого экрана или иного устройства не требуется при проведении испытаний на соответствие нормативным требованиям для утверждения конструкции упаковки. Это положение допускает проводить утверждение упаковок, использующих такие термические барьеры, без того, чтобы подвергать барьеры испытаниям, которым должна противостоять упаковка.

663.1. Особое внимание следует уделять взаимодействию между низкодисперсным радиоактивным материалом и упаковочным комплектом в нормальных и аварийных условиях перевозки. Это взаимодействие не должно ни повреждать инкапсуляцию, оболочку или другую матрицу, ни вызывать разрушение самого материала в такой степени, чтобы изменялись его характеристики, как продемонстрировано требованиями пункта 605.

664.1. Более низкая температура важна из-за увеличения давления вследствие расширения при замерзании (например, воды), из-за возможного хрупкого разрушения многих металлов (включая некоторые стали) при пониженной температуре и из-за возможной потери эластичности уплотняющих материалов. Из этих эффектов только разрушение материалов может приводить к необратимому повреждению. Некоторые эластомеры, обеспечивающие хорошие характеристики при высоких температурах (например, фторуглероды, такие как составы Витона), теряют эластичность при температурах -20°C или меньше. Это может провести к узким зазорам шириной в несколько микрон, возникающих из-за различного теплового расширения металлических деталей и эластомера. Данный эффект является полностью обратимым. Кроме того, замерзание любого влажного содержимого и падение внутреннего давления при низких температурах может предотвратить утечку из системы герметизации. Поэтому, в определенных случаях использование таких эластомерных уплотнений может быть приемлемым; см. [41, 42] для дополнительной информации. Нижний температурный предел -40°C и верхний температурный предел 38°C является разумными граничными величинами для температур окружающей среды, которые могут встретиться в большинстве географических районов земли в течение года. Однако необходимо понимать, что в определенных регионах мира

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(крайние северные и южные регионы в течение их зимнего периода и сухие пустынные регионы в летний период) можно встретиться с экстремальными температурами ниже -40°C и выше 38°C. Однако для средних регионов и времен года выход температур за диапазон от -40 до +38°C встречается в течение очень коротких отрезков времени.

664.2. Руководство по безопасной конструкции транспортных упаковок в отношении хрупкого разрушения см. в Приложении VI.

664.3. При оценке конструкции упаковки в отношении работоспособности при низких температурах влиянием нагрева от радиоактивного содержимого (который мог бы помешать падению температуры компонентов упаковки до нижнего конструкционного предела по окружающей температуре -40°C) следует пренебречь. Это позволит оценить реакцию упаковки (включая поведение конструкционных и уплотняющих материалов) при низкой температуре в ходе обращения при перевозке и транзитном хранении. Наоборот, при оценке конструкции упаковки на работоспособность при высоких температурах влияние максимально возможного тепловыделения радиоактивного содержимого, также как инсоляцию и максимальную температуру окружающей среды 38°C следует учитывать одновременно.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УПАКОВКАМ ТИПА B(M)

665.1. Общее намерение состоит в том, чтобы нормы безопасности для упаковок типа B(M), в соответствии с которыми они конструируются и эксплуатируются, обеспечивали уровень безопасности, эквивалентный тому, который предусматривается для упаковок типа B(U).

665.2. Отступления от требований, приведенных в пунктах 637, 653, 654 и 657-664 допускаются в некоторых ситуациях при согласовании соответствующим(и) компетентным(и) органом(ами). Примером этого может служить уменьшение диапазона температур окружающей среды и инсоляции для целей конструкции, если требования для упаковок типа B(U) не считаются применимыми (пункты 637, 653, 654 и 664) или учитывается влияние тепловыделения радиоактивного содержимого.

666.1. Для содержимого некоторых упаковок в результате процессов, описанных в пункте 660.1, давление стремится вырасти, и, если его не снизить, оно может в конечном счете вызвать разрушение упаковки или

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сократить полезное время жизни упаковки вследствие усталости. Чтобы избежать этого, пункт 666 разрешает включать в конструкцию упаковки устройства для периодического сброса давления. В соответствии с требованиями Правил, такие упаковки со сбросом давления следует транспортировать, как упаковки типа B(M).

666.2. Чтобы обеспечить уровень безопасности эквивалентный тому, который должен быть обеспечен упаковкой типа B(U), конструкция может включать требования, чтобы допускался сброс только газообразных материалов, чтобы могли использоваться фильтры или альтернативные ограничители, или, чтобы сброс выполнялся только под руководством квалифицированного дозиметриста.

666.3. Периодический сброс давления разрешается для того, чтобы дать возможность ограничивать рост давления в упаковке, которое при нормальных условиях перевозки (см. пункты 719–724) или когда упаковка подвергнута тепловому испытанию (см. пункт 728) может привести к невыполнению Правил. Однако, выход радиоактивности при нормальных условиях и в условиях аварий, когда не действует эксплуатационный контроль, ограничен положениями пункта 656.

666.4. Поскольку не существует определенного нормативного предела выхода радиоактивности при периодическом сбросе давления, когда имеет место эксплуатационный контроль, ответственному лицу следует быть готовым продемонстрировать компетентному органу, используя модель по возможности максимально приближенную к реальным условиям сброса, что транспортные рабочие и лица из населения не получат дозы облучения, превышающие пределы, установленные соответствующими национальными органами. Когда периодический сброс происходит под контролем специалиста по радиационной защите, величина выброса может варьироваться по его или ее рекомендациям, принимая во внимание измерения, выполняемые в ходе эксплуатации, чтобы гарантировать, что обеспечена адекватная защита рабочих и населения.

666.5. Факторы, учитываемые при проведении такой оценки, включают:

(a) облучение из-за нормальной (в нормальных условиях) радиоактивной утечки и внешнего излучения от упаковки;
(b) расположение и ориентацию клапана сброса давления по отношению к рабочему месту оператора и находящимся поблизости персоналу и лицам из населения.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(c) время пребывания для персонала и лиц из населения;
(d) физическая и химическая природа сбрасываемого материала, например газообразный (галоген, инертный газ и т.п.), в виде частиц, растворимый/нерастворимый;
(e) другие ожидаемые дозы, получаемые операторами и лицами из населения.

666.6. При оценке адекватности операций сброса давления скорее следует учитывать возможный ущерб от удержания и осаждения выброшенных радиоактивных материалов, чем от их рассеяния.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УПАКОВКАМ ТИПА С

667.1. Аналогично упаковкам типа B(U) или типа B(M) концепция упаковок типа C состоит в том, чтобы они были способны выдержать условия тяжелых аварий при воздушной перевозке без потери системы герметизации или повышения уровня внешнего излучения до такой степени, который мог бы представлять опасность для населения или лиц, вовлеченных в спасательные операциии по очистке. Упаковка может быть безопасной для аварийного обращения, но она не обязательно должна быть пригодна к повторному использованию.

668.1. Одним из потенциальных послеаварийных обстоятельств является захоронение упаковок. Упаковки, вовлеченные в катастрофу на высокой скорости, могут быть завалены обломками или погребены (захоронены) в грунте. Если упаковки, содержимое которых выделяет тепло, будут захоронены, это может привести к росту температуры и внутреннего давления.

668.2. Чтобы выполнить этот анализ, принимаются такие начальные условия упаковки, как она проектировалась для перевозки.

668.3. Следует демонстрировать соответствие нормам работоспособности в условиях захоронения, используя консервативные расчеты или компьютерные программы, прошедшие валидацию. При оценке условий захоронения следует принимать во внимание целостность как защиты, так и системы герметизации, в соответствии с требованиями, определенными в пункте 669(в) так же, как и в соответствии с требованием пункта 668, о том что термоизоляцию следует полагать неповрежденной. По этой

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

причине следует уделять особое внимание способности рассеяния тепла и изменениям внутреннего давления в условиях захоронения.

669.1. Упаковка типа C обеспечивает уровни защиты для условий воздушного транспорта аналогичные тем, что обеспечивают упаковки типа B(M) и B(U) в условиях тяжелых наземных и водных аварий. Чтобы достигнуть этого, необходимо гарантировать, чтобы один и тот же уровень внешнего излучения и одни и те же пределы потери содержимого требовались для упаковки типа B после аварии и упаковки типа C после испытаний.

669.2. Для дальнейших пояснений относительно требований по пределам доз и пределам выхода материалов см. также пункт 656.

669.3. Текст пунктов 656.1–656.24 также применим к упаковкам типа C.

670.1. Поскольку упаковка типа C может быть погружена в озеро, внутреннее море, или на континентальный шельф, откуда возможно ее извлечение, следует предусмотреть усиленное испытание на погружение в воду для всех упаковок типа C, независимо от общего количества активности в упаковке.

670.2. При авиакатастрофе над поверхностью воды, упаковка может быть погружена в воду на период времени до ее извлечения. На упаковку может воздействовать большое гидростатическое давление, зависящее от глубины погружения. В первую очередь беспокойство вызывает возможное разрушение системы герметизации. Дополнительной проблемой является извлечение упаковки до начала серьезной коррозии.

670.3. Требуемая глубина 200 м соответствует приблизительно максимальной глубине континентального шельфа. Извлечение упаковки с этой глубины было бы возможным и желательным. Критерием приемлемости для испытания на погружение является отсутствие разрушения системы герметизации. Дальнейшие рекомендации можно найти в пунктах 657.2, 657.3 и 657.5–657.7.

670.4. Так как море представляет собой более мягкую поверхность для удара, чем земля, считается достаточным, чтобы испытание на погружение было отдельным требованием для демонстрации, не последовательным по отношению к другим испытаниям.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УПАКОВКАМ, СОДЕРЖАЩИМ ДЕЛЯЩИЙСЯ МАТЕРИАЛ

671.1. Требования к упаковкам, содержащим делящийся материал, являются дополнительными требованиями, наложенными, чтобы гарантировать, что упаковки, с делящимся содержимым останутся подкритичными в нормальных и аварийных условиях перевозки. Все другие необходимые требования Правил должны быть удовлетворены. Система осуществления контроля критичности при перевозке предписана в Приложении V Правил.

671.2. Требуется, чтобы упаковки, содержащие делящийся материал были сконструированы и транспортировались таким образом, чтобы случайная критичность была исключена. Критичность достигается, когда цепная реакция деления становиться самоподдерживающейся вследствие баланса между производством нейтронов и их потерей за счет поглощения и утечки из системы. В конструкции упаковки учитывается много параметров, которые влияют на взаимодействие нейтронов (см. Приложение VII). При проведении оценки критичности должны учитываться эти параметры и подкритичность упаковки должна обеспечиваться как в нормальных, так и аварийных условиях перевозки. Оценки следует выполнять квалифицированным лицам, имеющим опыт в области безопасности по критичности. Дополнительно к очевидному контролю за массой делящегося материала, разработчик может влиять на управление критичностью любым из следующих способов:

(i) Выбор формы для системы локализации или для упаковочного комплекта влияет на утечку нейтронов из областей деления, вследствие изменения соотношения поверхности к объему. Например, тонкие цилиндры или пластины имею повышенную утечку по сравнению со сферами и цилиндрами с соотношением высоты к диаметру, близким к 1.

(ii) Выбор материала упаковочного комплекта влияет на число утекающих нейтронов, которые отражаются обратно в делящийся материал. Число нейтронов, возвращенных (или покинувших делящийся материал) и их энергии в большой степени определяются выбором материала упаковочного комплекта.

(iii) Выбор внешних размеров упаковки: Нейтроны, утекающие из упаковки, содержащей делящийся материал, могут войти в другую упаковку с делящимся материалом и произвести акт деления. Взаимодействие нейтронов может зависеть от размеров упаковки,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

которые определяют пространственное расположение делящегося материала и могут быть откорректированы с тем, чтобы ограничить взаимодействие между различными частями партии материала.

(iv) Использование фиксированных нейтронных поглотителей, чтобы удалять нейтроны (см. пункт 501.8).

(v) Выбор конструкции упаковки, чтобы контролировать соотношение замедлителя и делящегося материала, включая уменьшение пустот, чтобы ограничить количество воды, которая может натечь в упаковку.

671.3. Обстоятельства, которые требуется рассматривать при оценке упаковки предназначенной для перевозки, которые перечислены в пункте 671(a), могут повлиять на размножение нейтронов упаковке или в группе упаковок. Эти обстоятельства являются типичными среди тех, которые могут быть важны, и их следует тщательно рассматривать при проведении оценок. Однако, в зависимости от конструкции упаковки и специальных условий, предусматриваемых при перевозке и обращении с упаковками, может возникнуть необходимость рассмотреть другие нетипичные обстоятельства, чтобы поддерживать подкритичность упаковки при всех мыслимых условиях перевозки. Например, если результаты испытаний показывают перемещение делящегося материала или поглотителя в упаковке, при проведении оценки безопасности по критичности следует рассматривать пределы неопределенности, которые связаны с такими перемещениями. Следует иметь в виду, что прототип, используемый в испытании, может отличаться в деталях от промышленной модели и качеством изготовления. Размеры прототипа в заводском исполнении могут понадобиться для того, чтобы проверить влияние допусков на испытания. Необходимо учитывать различия между испытанными моделями и производственными моделями. Целью является получение максимально мыслимого коэффициента размножения нейтронов так, чтобы при этом была гарантирована подкритичность.

671.4. Вода влияет на подкритичность несколькими способами. Когда она смешана с делящимся материалом, результирующее замедление нейтронов может значительно уменьшить количество делящегося материала, необходимого для достижения критичности. Как отражатель нейтронов вода также увеличивает коэффициент размножения нейтронов, хотя и не столь сильно. Если водный отражатель расположен за пределами системы локализации, он менее эффективен, и еще менее эффективен будучи за пределами упаковки. Толстые слои воды (~ 30 см)

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

полной плотности между упаковками могут снижать взаимодействие нейтронов в группах до несущественных значений [43, 44]. При проведении оценки критичности следует учитывать изменения геометрии упаковки, а также условий, которые могут привести к тому, что вода будет вести себя больше как замедлитель, чем как отражатель или наоборот. Следует рассматривать все состояния воды, включая снег, лед, пар и струи. Эти состояния воды с низкой плотностью создают (особенно, если рассматривать наличие воды между упаковками) размножение нейтронов больше, чем наблюдаемое для воды с полной плотностью (см. Приложение VII).

671.5. Нейтронные поглотители иногда применяются в упаковках, чтобы уменьшить эффект замедления и вклад в размножение нейтронов за счет взаимодействия между упаковками (см. пункт 501.8). Типичные поглощающие нейтроны материалы, используемые для контроля критичности, наиболее эффективны, если присутствует замедлитель нейтронов, чтобы снижать энергию нейтронов. Потеря эффективности поглотителей нейтронов, например, за счет коррозии и перераспределения или, как в случае порошкового содержимого, за счет осаждения, может иметь заметное влияние на коэффициент размножения нейтронов.

671.6. В пунктах 671(a)(iii) и (iv), рассматриваются обстоятельства, возникающие при изменении размеров или перемещении содержимого в процессе перевозки. При установлении запаса подкритичности следует рассматривать возможные изменение расположения упаковочного комплекта или содержимого. Изменение размеров упаковки при испытаниях в нормальных или аварийных условиях должно быть предметом рассмотрения исследователя, занимающегося оценкой подкритичности. При появлении признаков изменения размеров во время аварийного испытания исследователю следует провести анализ чувствительности размножения нейтронов от этих изменений. Потеря делящегося материала из группы упаковок, рассматриваемых при оценке по пункту 682, должна быть ограничена подкритичным количеством. Это подкритичное количество материала должно соответствовать типу содержимого и оптимальному водному замедлителю и отражателю в виде слоя воды полной плотности толщиной 20 см. Уменьшение расстояний между упаковками, вероятное вследствие возможных повреждений упаковки при перевозке, будет иметь прямое влияние на взаимодействие нейтронов между упаковками; таким образом, это требует проверки. Следует рассматривать воздействие на реактивность допусков на размеры и состав материалов. Не всегда очевидно, следует ли определенный

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

размер или содержимое материала увеличивать или уменьшать или, как в комбинации они повлияют на реактивность. Может потребоваться выполнение ряда расчетов, чтобы определить максимальную реактивность системы или чтобы разработать подходящие допущения для таких обстоятельств.

671.7. Влияние температурных изменений (пункт 671(a)(vi)) на устойчивость формы делящегося материала или на характер взаимодействия нейтронов требуют исследования. Например, для урановых систем, где доминирующими являются нейтроны с очень низкими энергиями (тепловые), снижение температуры приводит к увеличению размножения нейтронов. Изменение температуры может также влиять на целостность упаковки. Температуры, которые следует рассматривать, включают и те, которые получаются вследствие требований к температуре окружающей среды, определенных в пункте 676, и те, что являются результатом установления требований к испытаниям (пункты 728 или 736, по обстоятельствам).

Освобождения от требований, предъявляемых к упаковкам, содержащим делящийся материал

672.1. Упаковки, содержащие делящийся материал, который удовлетворяет любому из требований, изложенных в пунктах 672(a)-(d), освобождены от оценки безопасности по критичности, установленной в пункте 671(b). Обеспечение того, что критерии освобождения удовлетворяются, как для отдельной упаковки, так и для партии груза отнесено к ответственности грузоотправителя освобожденного материала.

672.2. Первоисточником пределов, приведенных в пункте 672(a)(i), является работа Вудкока и Пакстона [45], где минимальный объем контейнера был равен 1 л, и максимально 250 упаковок были использованы, чтобы получить пределы делящегося материала величиной 9,4 г для Pu-239, 16,0 г для U-233 и 16,2 г для U-235 для отдельных упаковок. Практические соображения (последовательность и то, что величина A_2 для Pu-239 приводит к количеству материала в граммах, которое должно перевозиться как радиоактивный материал особого вида или в упаковке Типа B) привели к изменению впоследствии величины предела [46] до универсальной величины 15 г. В пункте 672(a)(ii) минимальная критическая концентрация для Pu-239 равна 7.5 г/л и приблизительно 12 г/л для U-235 и U-233 для систем с водным замедлителем [47]. Эти величины соответствуют отношениям масс делящегося материала и водорода 6,7% и 10,8%, соответственно. Таким образом, водородосодержащие смеси с менее чем

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

5% отношением масс делящегося материала и водорода имеют адекватный запас подкритичности. Хотя использование массового соотношения в критериях освобождения может быть более громоздким, чем при использовании величины концентрации (как в предшествующих изданиях Правил), эта формулировка является более подходящей мерой для водородосодержащих смесей, кроме воды.

672.3. Пункт 672(a)(iii), облегчает безопасную перевозку загрязненных отходов, содержащих делящийся материал в очень низких концентрациях.

672.4. Соображения безопасности, лежащие в основе трех условий освобождения по пункту. 672(a), основаны на предположении водородного замедлителя и отражателя; таким образом, применяется ограничение на присутствие потенциально более активных элементов бериллия и дейтерия.

672.5. Каждое освобождение, предусмотренное в пункте 672(a), далее ограничено допустимым пределом массы груза. Формула для предела массы учитывает смесь делящегося материала, но формула и величины, приведенные в таблице XII, установлены так, чтобы максимальная масса груза была не больше, чем приблизительно половина величины критической массы. Таким образом, критерии освобождения обеспечивают два объекта контроля (индивидуальная упаковка и груз), чтобы предотвратить накопление делящегося материала в количествах, которые могли бы провести к потенциальной критичности.

672.6. Предельное значение обогащения 1% для U-235 по пункту 672(b), является округленной величиной немного меньшей, чем минимальное критическое обогащение U-235 для бесконечных гомогенных смесей урана и воды, опубликованное Пакстоном и Прувостом [47]. Гомогенность, рассмотренная в пункте. 672(b), предназначена для исключения структурирования (упорядоченного расположения в виде решетки) слабо обогащенного урана в среде замедлителя. Условлено, что к гомогенным смесям и суспензиям относятся смеси, в которых частицы равномерно распределены и имеют диаметр не более 127 мкм [48, 49], т. е. не способны проходить через экран с ячейкой 120 мкм. Концентрация может также изменяться в пределах материала; однако, изменения концентрации порядка 5% не должны нарушать безопасность по критичности.

672.7. Предел освобождения, приведенный в пункте. 672(c), предписывает для раствора уранила нитрата, иметь содержание обогащенного U-235 не

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

более чем 2% по массе урана. Этот предел немного ниже, чем величина минимального критического обогащения, представленная Пакстоном и Пруворстом [47].

672.8. В пункте 672(d) установлен предел 1 кг для партий плутония, содержащего по весу не более чем 20% Pu-239 и Pu-241. Подкритичность при перевозке этого количества плутония фактически гарантирована упаковками типа B(U) или типа B(M), которые обеспечивают адекватное разделение с другими делящимися материалами, и благодаря тому, что композиция плутония не легко достигает критичности в системах деления на тепловых нейтронах. (Результаты анализа по методу Монте-Карло указывают, что для создания критической массы в металлической сфере при полном отражении на воде необходима масса 6,8 кг материала с композицией 80% Pu-238 и 20% Pu-239 по весу [50]).

672.9. Освобождения согласно пункту 672, первоначально были задуманы, чтобы гарантировать, что должны сложиться невероятные условия для таких упаковок с освобожденными делящимися материалами на транспортном средстве, чтобы вызывать аварию по критичности. Кроме накопления на транспортном средстве достаточной массы делящегося материала, этот материал должен быть впоследствии перегруппирован внутри подходящего замедляющего материала, чтобы получить плотность и форму, требуемые для критической системы. Где необходимо, освобождения обеспечивают пределы для груза, чтобы предотвращать накопление критической массы. Перевозчикам и компетентным органам следует быть бдительными на случай возможного неправильного употребления положений, связанных с пределами освобождения, что может увеличить возможность возникновения критичности.

672.10. Другие данные, в обоснование пределов освобождения, приведенных в пункте 672, можно найти в литературе [50–53].

Характеристики соадержимого для оценки упаковок, содержащих делящийся материал

673.1. Значения неизвестных или неопределенных параметров следует выбирать так, чтобы обеспечить максимальное значение коэффициента размножения нейтронов при выполнении оценок, описанных в пунктах 671–682. На практике, это требование может быть удовлетворено, путем охвата влияния этих неопределенностей подходящими допущениями в критериях приемлемости. Смеси, содержание которых определено не

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

достаточно ясно, часто производятся как побочные продукты производственных процессов, например, загрязненная рабочая одежда, перчатки или инструменты, остатки химических анализов и реакций, мусор, собранный при уборке полов, и прямые продукты обработки отходов. Важно определить комбинацию параметров, которая приводит к максимальному размножению нейтронов. Таким образом, оценка безопасности по критичности должна включать, как определение неизвестных параметров, так и объяснять взаимосвязь параметров и их влияние на размножение нейтронов. Диапазон возможных величин (основанный на доступной информации и соответствующий природе вовлеченного материала), следует определять для каждого параметра, и для любой возможной комбинации параметров следует показывать, что коэффициент размножения нейтронов удовлетворяет критерию приемлемости. Этот принцип также следует применять для характеристик облучения при определении изотопного состава облученного ядерного топлива.

674.1. В этом пункте рассмотрены требования к оценке критичности облученного ядерного топлива. Главной целью является обеспечение того, что содержание радионуклидов, использованное для оценок безопасности, дает консервативную оценку размножения нейтронов по сравнению с фактической загрузкой в упаковке. Облучение делящегося вещества обычно уменьшает содержание делящегося нуклида и производит актиниды, которые дают вклад в образование и поглощение нейтронов, и продукты деления, которые дают вклад в поглощение нейтронов. Длительное комбинированное влияние таких изменений на состав радионуклидов должно приводить к снижению реактивности по сравнению с необлученным состоянием. Однако конструкция реакторного топлива, включающая фиксированные выгорающие нейтронные поглотители, может испытать увеличение реактивности в течение короткого срока облучения, если прирост реактивности из-за истощения нейтронных поглотителей больше, чем потеря реактивности за счет изменения композиции топлива. Если при оценке использован изотопный состав, который не соответствует условию большего или равного максимального нейтронного размножения в процессе облучения, то для предполагаемой композиции делящегося материала следует демонстрировать обеспечение консервативного значения размножения нейтронов для известных характеристик облученного ядерного топлива, загруженного в упаковку.

674.2. Если при проведении оценки критичности не может быть продемонстрировано, что в течение периода возможного облучения было

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

обеспечено максимальное размножение нейтронов, необходимы предперевозочные измерения, чтобы гарантировать, что характеристики делящегося материала удовлетворяют критериям (например, общее облучение и остаточное тепло), принятым при оценке (см. пункт 502.8). Требование для измерений перед транспортировкой соответствует требованию гарантировать присутствие фиксированных нейтронных поглотителей (см. пункт 501.8) или сменных нейтронных поглотителей (см. пункт 502.4), если это требуется в соответствии с сертификатом об утверждении конструкции упаковки, который использован для контроля критичности. В случае облученного ядерного топлива, обеднение делящихся нуклидов и выгорание актинидов, поглощающих нейтроны, и продуктов деления может обеспечить контроль критичности, который должен быть подтвержден.

674.3. Максимальное размножение нейтронов часто имеет место в необлученном состоянии. Однако, один из методов увеличивающих полезное время нахождения делящегося материала в реакторе состоит в том, чтобы добавить распределенные фиксированные выгорающие поглотители нейтронов, обеспечивающие большее начальное содержание делящихся нуклидов, чем в альтернативном случае. Такое реакторное топливо с выгорающими поглотителями может дать увеличение реактивности в течение короткого периода облучения, когда прирост реактивности за счет выгорания фиксированных поглотителей нейтронов больше, чем уменьшение реактивности за счет изменения композиции топлива. Если проводится оценка критичности такого топлива, как необлученное или неотравленное, то не требуется никаких предперевозочных измерений, поскольку при этом обеспечивается консервативная оценка максимального размножения нейтронов в процессе облучения. Поэтому требования пункта 674(a), применяются не к требованиям пункта 674(b). Кроме того, топливо реактора-размножителя и топливо реактора накопителя может иметь коэффициент размножения нейтронов, который растет с увеличением времени облучения.

674.4. При оценке коэффициента размножения нейтронов для облученного ядерного топлива необходимо рассматривать те же нормы по работоспособности, что и для необлученного ядерного топлива (см. пункты 677–682). Однако в ходе оценки для облученного ядерного топлива необходимо определить изотопный состав и распределение, соответст-вующие имеющейся информации по истории облучения. Состав радионуклидов конкретной топливной сборки в реакторе зависит в различной степени, от начального избытка радионуклидов, удельной

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

мощности и истории эксплуатации реактора (включая температуру замедлителя, растворенный бор и положение сборки в реакторе и т.п.), присутствия выгорающих поглотителей или управляющих стержней, и времени выдержки после выгрузки. Редким, если не невозможным, является случай, когда все параметры облучения известны специалисту, проводящему оценки безопасности. Поэтому должны быть учтены требования пункта 673 относительно неизвестных параметров. Обычно, имеющаяся информация относительно характеристик облученного ядерного топлива включает начальный состав топлива, среднее выгорание в сборке и время выдержки. Данные по истории эксплуатации, осевом распределении выгорания и присутствии выгорающих поглотителей обычно должны быть основаны на общих знаниях относительно характеристик реактора с рассматриваемым облученным топливом. Должно быть продемонстрировано, что состав и распределение радионуклидов, определенные с использованием известных и предполагаемых параметров облучения и времени распада обеспечат консервативную оценку коэффициента размножения нейтронов после учета всех влияний и неопределенностей. Консерватизм можно продемонстрировать, игнорируя все или часть продуктов деления и/или актинидов, поглощающих нейтроны, или предполагая более низкое выгорание, чем в реальности. Аксиальное распределение радионуклидов в топливной сборке очень важно, так как области с пониженным выгоранием на концах сборки могут вызвать увеличение реактивности по сравнению со сборкой, для которой предполагается среднее выгорание по всей высоте [54–56].

674.5. Следует использовать достоверные (прошедшие валидацию) расчетные методы для определения размножения нейтронов, предпочтительно в сравнении с подходящими измеренными данными (см. Приложение VII). Для облученного ядерного топлива, в такую валидацию следует включать сравнение с измеренными данными для радионуклидов. Результаты этой валидации следует учитывать при проведении анализа влияния неопределенностей и косвенного влияния, обычно связанных с расчетным размножением нейтронов. Ядерные сечения продуктов деления могут быть важны при анализе безопасности по критичности облученного ядерного топлива. Измерениям и оценке ядерного сечения продуктов деления в широком энергетическом диапазоне не придавалось значения в той степени, какую имеют ядерные сечения актинидов. Поэтому адекватность ядерных сечений продуктов деления, использованных в оценке, следует анализировать и обосновывать специалистам в области безопасности.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Требования, предъявляемые к конфигурации и температуре

675.1. Это требование относится к оценке критичности упаковок в нормальных условиях перевозки. Предотвращение проникновения куба с ребром 10 см рассматривалось первоначально, когда были разрешены открытые упаковки типа «птичьей клетки». Теперь это требование может рассматриваться как обеспечение критерия для оценки целостности внешнего контейнера упаковки. Существуют упаковки, которые имеет характеристики, аналогичные конструкции «птичьей клетки», но выступы которых за пределы закрытой оболочки (птица) упаковочного комплекта существуют не для того, чтобы обеспечивать расстояние между единицами груза в группе, а, например, как ограничители удара. Если на эти выступы не возлагается функция дистанциирования единиц груза, то куб размером 10 см за или между выступами, но за пределами закрытой оболочки упаковочного комплекта, не следует рассматривать как «проникший» в упаковку.

676.1. Выход за пределы температурного диапазона от -40°C до 38°C может быть приемлемым в некоторых ситуациях при согласовании компетентным органом. Если оценка аспектов деления нуклидов в упаковке относительно реакции на нормативные испытания выявляет неблагоприятное влияние температуры окружающей среды, то компетентному органу следует определить в сертификате об утверждении область температур, для которой эта упаковка утверждена.

Оценка отдельной единичной упаковки

677.1. Из-за существенного влияния, которое вода может иметь на размножение нейтронов делящихся материалов, оценка критичности упаковки требует учета присутствия воды во всех полостях упаковки в той степени, которая вызывает максимальное размножение нейтронов. Присутствие воды может быть исключено только для тех свободных полостей, которые защищены специальными устройствами, которые должны оставаться водонепроницаемыми в аварийных условиях перевозки. Следует рассматривать вероятные условия перевозки, которые могут привести к избирательному затоплению упаковок, ведущему к увеличению размножения нейтронов.

677.2. Для того, чтобы считаться «водонепроницаемой» для предотвращения проникновения или утечки воды в связи с безопасностью по критичности, необходимо, чтобы были рассмотрены испытания как на

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

нормальные, так и на аварийные условия перевозки. Окончательные критерии утечки для «водонепроницаемости» должны быть установлены в Отчете по оценке безопасности (ООБ) для каждой упаковки и быть приемлемыми для компетентного органа. Должно быть продемонстрировано, что эти критерии достигнуты при испытаниях и достижимы в промышленных моделях.

677.3. Размножение нейтронов для упаковок, содержащих гексафторид урана, очень чувствительно к количеству водорода в упаковке. Вследствие этой чувствительности большое внимание уделено ограничению возможности проникновения воды в упаковки. Лицам, ответственным за испытание, подготовку, эксплуатацию и перевозку этих упаковок, следует быть осведомленными о чувствительности размножения нейтронов для гексафторида урана даже к небольшим количествам воды и гарантировать, что специальные устройства, определенные здесь, строго обеспечиваются.

678.1. Часть упаковки и содержимое, которые составляют систему локализации (см. пункт 209.1) должны тщательно проверяться, чтобы гарантировать, что система включает в себя часть упаковки, которая поддерживает конфигурацию делящегося материала. Вода определяется как отражатель, благодаря своим относительно хорошим отражательным свойствам и избытку в природе. Выбор 20 см водного отражателя сделан из практических соображений (дополнительные 10 см водного отражателя могут добавить менее чем 0,5% к реактивности бесконечной пластины U-235), что очень близко к наихудшим условиям отражения, обычно встречавшимся при перевозке. При проведении оценок следует рассматривать систему локализации с отражателем в виде 20 см слоя воды полной плотности, и систему локализации с отражением за счет окружающего материала упаковочного комплекта. Ситуацию, которая приводит к наибольшему размножению нейтронов, следует использовать как базу для обеспечения подкритичности. Причиной необходимости анализировать обе ситуации является то, что в результате обычных операций по погрузке или вследствие аварии система локализации может оказаться вне упаковочного комплекта и иметь отражение за счет воды.

679.1. Требования к демонстрации подкритичности для отдельной упаковки установлены так, чтобы определять максимальное размножение нейтронов как в нормальных, так и в аварийных условиях перевозки. При проведении оценки необходимое внимание должно быть

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

уделено результатам испытаний, требуемых в пунктах 681(b) и 682(b), и условиям, в которых может быть принято отсутствие протечки воды, как это описано в пункте 677.

679.2. Заметим, что термин «подкритичный» означает, что максимальное размножение нейтронов, скорректированное с учетом погрешности расчета, неопределенности и запаса подкритичности, должно быть менее чем 1,0. Специальные рекомендации по процедуре оценки и рекомендации по оценке верхнего предела подкритичности см. в Приложении VII.

680.1. Возможно, что на воздушном виде транспорта аварии значительно более тяжелы, чем на наземных и водных видах транспорта. Признавая это, в Правила издания 1996 года были введены более строгие требования к упаковкам, предназначенным для перевозки делящихся материалов по воздуху.

680.2. Требования к упаковкам, перевозимым по воздуху, имеют дело с отдельными специальными аспектами оценки и применяются только к оценке критичности для отдельной единичной упаковки. Пункт 680(a) требует, чтобы единичная упаковка с отсутствием натекания воды внутрь была подкритичной после испытания для упаковки типа C в соответствии с требованиями пункта 734. Это требование предусмотрено, чтобы предотвращать быстрый переход к критичности, который может возникнуть из-за возможных геометрических изменений в единичной упаковке; таким образом, натекание воды внутрь не рассматривается. Приняты условия отражения не менее чем 20 см воды полной плотности, так как это обеспечивает консервативную аппроксимацию вероятных условий отражения. Поскольку натекание воды внутрь не предполагается, только упаковку и содержимое следует рассматривать при определении геометрических условий упаковки после специальных испытаний. Надлежащее доверие может быть принято в отношении указания геометрических условий при оценке критичности упаковки после испытаний на отдельных образцах упаковки, определенных в пунктах 734(a) и 734(b). Необходимо, чтобы условия были консервативными, но соответствовали результатам испытаний. Если состояние упаковки после испытаний не может быть продемонстрировано, следует делать предположения о наихудшем расположении упаковки и ее содержимого, принимая во внимание все замедляющие и конструктивные элементы упаковочного комплекта. Следует обеспечить, чтобы принятые допущения соответствовали возможным наихудшими вариантам влияния механических и тепловых испытаний, и чтобы все

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

возможные положения упаковки были рассмотрены при проведении анализа. Подкритичность должна быть продемонстрирована после надлежащего рассмотрения таких аспектов, как эффективность замедлителя, потеря нейтронных поглотителей, перегруппировка компонентов упаковки и содержимого, геометрические изменения и температурные эффекты.

680.3. В пункте 680(b) требуется, чтобы для индивидуальной упаковки учитывались натекание воды внутрь и утечка воды из упаковки, если для ряда водных барьеров не продемонстрирована их водонепроницаемость после испытаний, определенных в пунктах 734 и 733. Таким образом, для упаковок, перевозимых по воздуху, испытания, указанные в пункте 682(b), должны быть заменены испытаниями пункта 680(b) по определению водонепроницаемости, как это требуется в пункте 677(a).

680.4. Вкратце, пункт 680(a) обеспечивает дополнительную оценку упаковки перевозимой по воздуху, в то время как пункт 680(b) обеспечивает дополнение к условиям по пункту 677(a), которые должны применяться при проведении оценок в соответствии с пунктом 679 для упаковок перевозимых по воздуху.

Оценка партий упаковок в нормальных условиях перевозки

681.1. Оценка требует, чтобы при определении количества 5N подкритичных упаковок рассматривались все варианты расположения упаковок, поскольку взаимодействие нейтронов, возникающее между упаковками в партии, может не быть одинаковым по трем направлениям.

681.2. Оценка может включать расчеты больших конечных партий, для которых отсутствуют экспериментальные данные. Поэтому следует сделать специальное вспомогательное допущение дополнительно к другим запасам, обычно учитывающим случайные и систематические влияния на рассчитанные значения коэффициента размножения нейтронов.

681.3. Заметим, что термин «подкритичный» означает, что максимальное размножение нейтронов, скорректированное с учетом погрешности расчета, неопределенности и запаса подкритичности, должно быть менее чем 10. Специальные рекомендации по процедуре оценки и рекомендации по оценке верхнего предела подкритичности см. в Приложении VII.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Оценка партий упаковок, находящихся в аварийных условиях перевозки

682.1. С издания Правил 1996 года испытания для аварийных условий перевозки должны предусматривать испытание на механическое повреждение согласно пункту 727 (c) для легких (<500 кг) и низкой плотности (<1000 кг/м^3) упаковок. Критерии для введения испытания на динамическое раздавливание в противоположность испытанию на свободное падение согласно пункту 727(a) те же, что используются для упаковок с содержимым большим, чем 1000 A_2, не относящимся к радиоактивному материалу особого вида (см. пункт 656(b)).

682.2. Пункт 682(c), накладывает серьезное ограничение на любой делящийся материал, для которого разрешен выход из упаковки при аварийных условиях. Следует предпринимать все меры предосторожности, чтобы предотвратить выход делящегося материала из системы герметизации. Множество возможных конфигураций для делящегося материала, выходящего из системы герметизации, и возможность последующих химических или физических изменений обусловливает требование, чтобы суммарное количество делящегося материала, который выходит из партии упаковок, было меньше, чем минимальная критическая масса для данного типа делящегося материала при оптимальных условиях замедления и отражения в виде 20 см воды полной плотности. Следует полагать, что из каждой упаковки в партии выходит равное количество материала. Трудность состоит в том, чтобы продемонстрировать максимальное количество, которое может выйти из системы герметизации. В зависимости от элементов упаковочного комплекта, которые определяют систему герметизации и систему локализации, делящийся материал может выйти из системы герметизации, но не из системы локализации. В таких случаях могут быть адекватные механизмы для контроля критичности. Назначение этого пункта, однако, состоит в том, чтобы обеспечить должное рассмотрение любого потенциального выхода делящегося материала из упаковки, если можно предположить потерю управления критичностью.

682.3. Следует обеспечить, чтобы рассмотренные условия оценки включали также условия менее серьезные, чем условия рассмотренных испытаний. Например, упаковка может оставаться подкритичной после испытания на свободное падение с высоты 9 м, но быть критичной при условиях, соответствующих менее серьезному удару.

682.4. См. пункты 681.1–681.3.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ VI

[1] GORDON, G., GREDINGH, R., Leach Test of Six 192-Iridium Pellets Based on the IAEA Special Form Test Procedures, AECB Rep. Info-0106, Atomic Energy Control Board, Ottawa (1981).

[2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Radiation Protection — Sealed Radioactive Sources — Leakage Test Methods, ISO 9978, ISO, Geneva (1992).

[3] ASTON, D., BODIMEADE, A.H., HALL, E.G., TAYLOR, C.B.G., The Specification and Testing of Radioactive Sources Designated as 'Special Form' Under the IAEA Transport Regulations, CEC Study Contract XVII/322/80.6, Rep. EUR 8053, CEC, Luxembourg (1982).

[4] COOKE, B., "Trunnions for Spent Fuel Element Shipping Casks", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 89 (Proc. Symp. Washington, DC, 1989), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1989).

[5] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, American National Standard for Special Lifting Devices for Shipping Containers Weighing 10 000 Pounds (4,500 kg) or More for Nuclear Materials, ANSI N14.6-1978, ANSI, New York (1978).

[6] KERNTECHNISCHER AUSSCHUSS, Lastanschlagpunkte in Kernkraftwerken, KTA 3905, KTA Geschaftsstelle, Bundesamt fur Strahlenschutz, Salzgitter (1999).

[7] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air, 1998–1999 edition, ICAO, Montreal (1996).

[8] UNITED NATIONS, Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Ninth Revised Edition, ST/SG/AC.10/1/Rev.9, UN, New York and Geneva (1995).

[9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Series 3 Tank Containers for Liquids and Gases — Specification and Testing, ISO 1496/3-1990, Part 3, ISO, Geneva (1990).

[10] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, INLAND TRANSPORT COMMITTEE, European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), 1997 edition, marginals 10315, 71315 and Appendix B4, UNECE, Geneva (1997).

[11] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, INLAND TRANSPORT COMMITTEE, Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID), UNECE, Geneva (1995).

[12] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Series 1 Freight Containers — Specifications and Testing — Part 1: General Cargo Containers, ISO 1496:1-1990(E), ISO, Geneva (1990).

[13] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, International Convention for Safe Containers, IMO, London (1984).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[14] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Packaging of Uranium Hexafluoride (UF6) for Transport, ISO 7195:1993(E), ISO, Geneva (1993).

[15] MALLET, A.J., ORGDP Container Test And Development Programme: Fire Tests of UF6-filled Cylinders, K-D-1984, Union Carbide Corp., Oak Ridge, TN (1966).

[16] RINGOT, C., HAMARD, J., "The toxic and radiological risk equivalence approach in UF6 transport", UF6 — Safe Handling, Processing and Transporting (Proc. Conf. Oak Ridge, 1988), Oak Ridge Gaseous Diffusion Plant, Oak Ridge, TN (1988) 29–36.

[17] BIAGGIO, A., LOPEZ-VIETRI, J., "UF6 in transport accidents", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 86 (Proc. Symp. Davos, 1986), IAEA, Vienna (1986).

[18] SAROUL, J., et al., "UF6 transport container under fire conditions, experimental results", Uranium Hexafluoride: Processing, Handling, Packaging, Transporting (Proc. 3rd Int. Conf. Paducah, KY, 1995), Institute of Nuclear Materials Management, Northbrook, IL (1995).

[19] PINTON, E., DURET, B., RANCILLAC, F., "Interpretation of TEN2 experiments", там же.

[20] WILLIAMS, W.R., ANDERSON, J.C., "Estimation of time to rupture in a fire using 6FIRE, a lumped parameter UF6 cylinder transient heat transfer/stress analysis model", там же.

[21] WATARU, M., et. al., "Safety analysis on the natural UF6 transport container", там же.

[22] LYKINS, M.L., "Types of corrosion found on 10- and 14-ton mild steel depleted uranium UF6 storage cylinders", там же.

[23] BLUE, S.C., "Corrosion control of UF6 cylinders", там же.

[24] CHEVALIER, G., et. al., "L'arrimage de colis de matieres radioactives en conditions accidentelles", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 86 (Proc. Symp. Davos, 1986), IAEA, Vienna (1986).

[25] UNITED STATES ENRICHMENT CORPORATION, Reference USEC-651, USEC, Washington, DC (1998).

[26] BRITISH STANDARDS INSTITUTE, Guide to the Design, Testing and Use of Packaging for the Safe Transport of Radioactive Materials, BS 3895:1976, GR 9, BSI, London (1976).

[27] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, American National Standard for Leakage Tests on Packages for Shipment of Radioactive Material, ANSI N14.5-1977, ANSI, New York (1977).

[28] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Safe Transport of Radioactive Material — Leakage Testing of Packages, ISO 12807:1996(E), first edition 1996-09-15, ISO, Geneva (1996).

[29] MACDONALD, H.F., "Individual and collective doses arising in the transport of irradiated nuclear fuels", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 80 (Proc. Symp. Berlin, 1980), Bundesanstalt fur Materialprufung, Berlin (1980).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[30] GOLDFINCH, E.P., MACDONALD, H.F., Dosimetric aspects of permitted activity leakage rates for Type B packages for the transport of radioactive materials, Radiat. Prot. Dosim. 2 (1982) 75.

[31] MACDONALD, H.F., Radiological Limits in the Transport of Irradiated Nuclear Fuels, Rep. TPRD/B/0388/N84, Central Electricity Generating Board, Berkeley, UK (1984).

[32] MACDONALD, H.F., GOLDFINCH, E.P., The Q System for the Calculation of A1 and A2 Values within the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, Rep. TPRD/B/0340/R83, Central Electricity Generating Board, Berkeley, UK (1983).

[33] UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, Shielding Integrity Testing of Radioactive Material Transport Packaging, Gamma Shielding, Rep. AECP 1056, Part 1, UKAEA, Harwell (1977).

[34] UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, Testing the Integrity of Packaging Radiation Shielding by Scanning with Radiation Source and Detector, Rep. AESS 6067, UKAEA, Risley (1977).

[35] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Radioactive Materials — Packaging — Test for Contents Leakage and Radiation Leakage, ISO 2855-1976(E), ISO, Geneva (1976).

[36] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, American National Standard for Program for Testing Biological Shielding in Nuclear Reactor Plants, ANSI N18.9-1972, ANSI, New York (1972).

[37] JANARDHANAN, S., et al., "Testing of massive lead containers by gamma densitometry", Industrial Isotope Radiography (Proc. Nat. Symp.), Bharat Heavy Electrical Ltd., Tiruchirapalli, India (1976).

[38] KRISHNAMURTHY, K., AGGARMAL, K.S., "Complementary role of radiometric techniques in radiographic practice", там же.

[39] NAGAKURA, T., MAKI, Y., TANAKA, N., "Safety evaluation on transport of fuel at sea and test program on full scale cask in Japan", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 78 (Proc. Symp. New Orleans, 1978), Sandia Laboratories, Albuquerque, NM (1978).

[40] HEABERLIN, S.W., et al., Consequences of Postulated Losses of LWR Spent Fuel and Plutonium Shipping Packages at Sea, Rep. BNWL-2093, Battelle Pacific Northwest Laboratory, Richland, WA (1977).

[41] HIGSON, J., VALLEPIN, C., KOWALEVSKY, H., "A review of information on flow equations for the assessment of leaks in radioactive transport containers", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 89 (Proc. Symp. Washington, DC, 1989), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1989).

[42] BURNAY, S.G., NELSON, K., "Leakage of transport container seals during slow thermal cycling to –40°C", Int. J. Radioact. Mater. Transp. 2 (1991).

[43] JAPAN ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE, Nuclear Criticality Safety Handbook, Nihon Shibou, Science and Technology Agency (1988) (на японском языке). [Перевод на английский язык: JAERI-Review 95-013, JAERI, Tokyo (1995).]

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[44] COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, Guide de Criticite, Rep. CEA-R-3114, CEA, Paris (1967).
[45] WOODCOCK, E.R., PAXTON, H.C., "The criticality aspects of transportation of fissile materials", Progress in Nuclear Energy, Series IV, Vol. 4, Pergamon Press, Oxford (1961) 401–430.
[46] DANIELS, J.T., A Guide to the Requirements Relating to Fissile Materials (GIBSON, R., Ed.), Pergamon Press, Oxford (1961).
[47] PAXTON, H.C., PRUVOST, N.L., Critical Dimensions of Systems Containing U-235, Pu-239 and U-233, Rep. LA-10860-MS, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM (1987).
[48] AMERICAN NATIONAL STANDARD for Nuclear Criticality Control and Safety of Plutonium-Uranium Fuel Mixtures Outside Reactors, Rep. ANSI/ANS-8.12-1987, American Nuclear Society, LaGrange Park, IL (1987).
[49] The Nuclear Criticality Safety Guide, Rep. LA-12808, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM (1996).
[50] BARTON, N.J., WILSON, C.K., "Review of fissile exception criteria in IAEA regulations", Nuclear Criticality Safety (ICNC'95, Proc. 5th Int. Conf. Albuquerque, 1995), Vol. 2, Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995) 915–972.
[51] CLARK, H.K., "Sub-critical limits for plutonium systems", Nucl. Sci. Eng. **79** (1981) 65–84.
[52] CLARK, H.K., "Sub-critical limits for uranium-235 systems", Nucl. Sci. Eng. **81** (1981) 351–378.
[53] CLARK, H.K., "Sub-critical limits for uranium-233 systems", Nucl. Sci. Eng. **81** (1981) 379–395.
[54] TAKANO, M., OKUNO, H., OECD/NEA Burnup Credit Criticality Benchmark, Result of Phase IIA, Rep. NEA/NSC/DOC(96)01, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokyo (1996).
[55] DEHART, M.D., PARKS, C.V., "Issues related to criticality safety analysis for burnup credit applications", Nuclear Criticality Safety (ICNC'95, Proc. 5th Int. Conf. Albuquerque, 1995), Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995) 26–36.
[56] BOWDEN, R.L., THORNE, P.R., STRAFFORD, P.I., The methodology adopted by British Nuclear Fuels plc in claiming credit for reactor fuel burnup in criticality safety assessments", ibid, pp. 1b.3–10.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел VII

ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ

701.1. Правила содержат нормы по эксплуатационным характеристикам, как противоположность специальным конструкционным требованиям. Хотя это и означает большую гибкость для проектировщиков, однако, представляет больше трудностей при получении утверждения. Смысл в том, чтобы позволить Заявителю использовать принятую инженерную практику для оценки упаковки или радиоактивного материала. Это может включать в себя испытание полномасштабных упаковок, масштабных моделей, макетов отдельных частей упаковок, расчеты и разумную аргументацию или комбинацию этих методов. Вне зависимости от использованных методов документация должна быть достаточно полной и точной, чтобы убедить компетентные органы в том, что все аспекты безопасности и виды отказов рассмотрены. Все принятые допущения следует ясно излагать и обосновывать в полной мере.

701.2. Испытание упаковок, содержащих радиоактивные материалы, представляет собой особую проблему, связанную с радиоактивной опасностью. В то время как проведение испытаний, требующих использования радиоактивных материалов, может быть нецелесообразным, необходимо убедить компетентные органы, что все регулирующие требования выполнены. При решении вопроса о том, должны ли использоваться при проведении испытаний радиоактивные материалы или предназначенное радиоактивное содержимое, следует выполнять оценки радиационной безопасности.

701.3. Для демонстрации соответствия следует рассматривать многие другие факторы. Они включают в себя (но не ограничиваются этим) сложность конструкции упаковки, специальные явления, которые требуют исследования, наличие оборудования, возможность точных измерений и/или влияние масштабного фактора.

701.4. В том случае, когда правила требуют соответствия установленному пределу удельной утечки, разработчику следует предусмотреть специальные средства, чтобы иметь возможность продемонстрировать требуемую степень герметичности. Один из методов состоит в том, чтобы

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

предусмотреть какую-либо пробоотборную камеру или испытательный штуцер, которые могут быть легко проверены перед погрузкой.

701.5. В испытуемых моделях следует точно представлять заданную конструкцию, с методами изготовления, обеспечением качества и контролем качества, идентичными тем, которые предназначены для конечного продукта. Повышенное внимание следует уделять прототипу, чтобы гарантировать, что испытуемый образец действительно представляет изделие. Если используется имитация радиоактивного содержимого, то следует обеспечить, чтобы это содержимое правильно представляло реальное содержимое по массе, плотности, химическому составу, объему и любым другим характеристикам, которые являются важными. Требуется, чтобы содержимое имитировало любые нагрузки, воздействующие на внутреннюю поверхность упаковки и на закрывающие крышки. Любые недостатки и отличия модели следует документировать перед испытаниями, кроме того, следует проводить оценки с целью определения, как могут повлиять выявленные отличия на результаты испытаний – либо положительно, либо отрицательно.

701.6. Число образцов, использованных в испытаниях, будет зависеть от характерных особенностей конструкции, которую необходимо испытать и от желаемой надежности оценок. Может быть использовано повторение испытаний с различными образцами для того, чтобы оценить вариации в диапазоне свойств спецификации материалов или допусков, имеющихся в конструкции.

701.7. Результаты испытаний могут привести к необходимости увеличить количество образцов для того, чтобы удовлетворить требованиям процедуры испытаний относительно максимального повреждения. Допустимо использование компьютерного моделирования с целью уменьшения количества требуемых испытаний.

701.8. Должна быть проявлена тщательность при планировании оснащения инструментами и проведении анализа, как для испытаний масштабных моделей, так и для полномасштабных испытаний. Следует обеспечивать адекватную калибровку инструментов и испытательных приборов с тем, чтобы результаты испытаний могли быть документированы и оценены с целью верификации результатов испытаний. В то же самое время следует обеспечивать отсутствие влияния на испытываемую модель инструмента и измерительных приборов, электрических соединений, которые могли бы сделать результаты испытаний недействительными.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

701.9. Если для оценки поведения упаковки при ударе используются датчики ускорения, следует учитывать частоту отсечки (граничную частоту). Эту частоту следует выбирать в соответствии со структурой (формой и размерами) упаковки. Опыт показывает, что для упаковки массой 100 метрических тонн с ограничителем удара, частота отсечки будет между 100 и 200 Гц, а для меньших упаковок с массой m метрических тонн значение частоты отсечки следует умножать на коэффициент $(100/m)^{1/3}$. Если упаковка включает в себя элементы, необходимые для обеспечения безопасности в условиях удара, и эти элементы имеют резонанс на основной частоте или частоте первой моды колебаний, превышающей упомянутую выше частоту отсечки, может потребоваться корректировка значения частоты отсечки, с тем чтобы отброшенная часть сигнала не имела существенного влияния на оценку механического поведения указанных элементов. В этих случаях может потребоваться проведение модального анализа. Примерами таких элементов могут быть оболочки, оцениваемые на хрупкое разрушение, и внутренние конструкции, необходимые для обеспечения подкритичности. Когда этот вопрос рассматривается с помощью аналитических методов оценки, необходимо, чтобы методы расчета и моделирования позволяли выполнять оценки таких динамических эффектов. Может потребоваться корректировка размера временного шага или размера расчетной ячейки в сторону уменьшения, для соответствия упомянутым выше частотам, использованным в расчетах.

701.10. Во многих случаях испытание полномасштабных моделей может быть более простым и менее дорогим по сравнению с испытанием масштабных моделей или с доказательством соответствия путем расчетов или обоснованных аргументов. Одним из недостатков подхода, полностью полагающегося на испытания, является то, что любые последующие изменения либо содержимого, либо конструкции упаковки может быть труднее, либо невозможно обосновать. На практике, если упаковки не являются очень дешевыми в отношении их создания и проведения нескольких испытаний, обычно требуется дополнительная работа для обоснования применимости испытаний.

701.11. При рассмотрении предыдущих удовлетворительных доказательств, по характеру близких к требуемым, следует анализировать все сходства и отличия между двумя упаковками. Диапазоны различия могут потребовать изменения результатов доказательства. Способы и степень, до которой различия и сходства будут определять применимость предыдущих доказательств, зависят от их влияния. В предельном случае,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

упаковочный комплект может быть геометрически идентичен с тем, который использовался в утвержденной упаковке, но из-за изменения материала в новом упаковочном комплекте, ссылка на предыдущее подтверждение будет недействительной и, следовательно, не сможет быть использована.

701.12. Другим методом демонстрации соответствия является метод расчета или обоснованная аргументация, когда общепризнано, что методика и параметры расчета являются надежными или консервативными. Безотносительно к выбранному методу могут потребоваться некоторые расчеты и обоснованная аргументация. Свойства материалов в спецификациях обычно представлены так, чтобы на 95÷98% гарантировать вероятность того, что материал удовлетворяет требованиям по прочности. Если для определения свойств материалов проводятся испытания, следует принимать во внимание разброс данных. Для экспериментального результата с ограниченным числом испытаний обычным является задание предела на уровне среднего значения плюс двойное среднеквадратичное отклонение для нормального (Гауссового) распределения (вероятность приблизительно 95%). Кроме того, необходимо учитывать разброс из-за отклонений в свойствах материалов и допусков при изготовлении, если во всех расчетах не используется наихудшая комбинация всех величин. В случае использования компьютерных программ, следует четко показывать, что использованные формулировки применимы к конечной деформации (т.е. не только большое перемещение, но также и большое напряжение). В большинстве случаев, особенно для случаев, включающих в себя ударные воздействия, будет необходимо сформулировать конечные напряжения, вследствие потенциальных серьезных разрушений. Игнорирование этих деталей может привести к серьезной ошибке. Любую обоснованную аргументацию следует основывать на инженерном опыте. Там, где используется теория, должное внимание следует уделять деталям конструкции, которые могут изменить результат общей теории, например, сосредоточенными неоднородностями, асимметрией, негомогенными или переменными свойствам материалов. Следует избегать представления доказывающих аргументов, основанных на субъективных материалах.

701.13. Во многих расчетах может потребоваться использование доступных расчетных программ. Следует рассматривать вопросы надежности и необходимой валидации выбранных программ. Во-первых, действительно ли программа применима для требуемого расчета?

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Например, для механических оценок, может ли она выполнять расчет ударов? Приемлема ли она для расчета пластических, а также упругих деформаций. Во-вторых, действительно ли расчетная программа адекватно представляет упаковочный комплект, рассматриваемый на предмет соответствия требованиям? Чтобы удовлетворить этим двум критериям, пользователю может потребоваться проведение расчетов контрольной задачи, когда используется программа для моделирования и расчета параметров решения проблемы, результаты которой известны. Сильное влияние на законность использования результатов расчета контрольной задачи для решаемой проблемы могут оказывать установочные опции программы. В программах по механике рассмотрение опций и моделирования охватывает свойства материалов упаковки в динамических режимах, упругие и пластические деформации, детальные связи между компонентами, такими как болты и сварные швы, допустимое трение, гидродинамику, эффекты скольжения и демпфирования. Опыт пользователя в правильном выборе опций программы, свойств материалов, размеров расчетных ячеек может повлиять на результаты, если используется специфическая программа. В рамках расчетов контрольной задачи следует анализировать чувствительность результатов к изменяемым параметрам. Степень доверия может быть повышена путем постоянного проведения расчетов контрольных задач, переходя от простых к сложным. В других случаях может быть необходимо проведение проверки входных и выходных балансов по энергии и нагрузке. Если используемая программа не является хорошо известной и широко используемой, следует также представлять подтверждение корректности теоретических положений.

701.14. Подтверждение конструкции может быть выполнено путем проведения испытаний моделей подходящего масштаба, включающих особенности, важные для исследуемых вопросов, если инженерный опыт показал приемлемость результатов таких испытаний для целей конструкции. При использовании масштабных моделей следует принимать во внимание необходимость корректировки определенных параметров эксперимента, таких как диаметр стержня или сжимающих нагрузок. С другой стороны, определенные параметры не могут быть скорректированы. Например, время и гравитационное ускорение – это реальные параметры, поэтому необходимо будет откорректировать результаты, используя масштабный фактор. Масштабное моделирование следует поддерживать расчетами либо компьютерной имитацией, используя контрольные компьютерные программы, для гарантии того, что имеет место необходимый запас безопасности.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

701.15. Когда масштабные модели используются для определения разрушения, должное внимание следует уделять механизмам, влияющим на поглощение энергии, так трение, разрыв, раздавливание, упругость, пластичность и неустойчивость могут иметь различные масштабные факторы, как результат влияния различных параметров в проведенном испытании. Так как демонстрация соответствия требует комбинации трех типов испытаний (таких как испытание на проникновение, испытание на удар и тепловое испытание для упаковок типа B(U) и B(M)), противоречивые требования к параметрам эксперимента могут потребовать компромисса, который, в свою очередь, приведет к результатам, требующим учета масштабного фактора. В целом, эффект масштабирования следует анализировать для всех имеющихся областей различий.

701.16. Опыт показал, что испытания уменьшенных моделей могут быть очень полезны для демонстрации соответствия определенным специфическим требованиям Правил, особенно – механические испытания. Попытки выполнить тепловые испытания на масштабных моделях являются проблематичными (см. пункты 728.23 и 728.24). Выполнение условий подобия в механических испытаниях обеспечить относительно просто, при условии идентичных материалов и подходящих методов изготовления, использованных для модели и для полномасштабной упаковки. Таким образом, экономичным способом можно исследовать взаимосвязь ориентации упаковки и результирующего разрушения, и общей деформации упаковки, а также получить информацию относительно торможения отдельных частей упаковки. К тому же с помощью модельных испытаний может быть оптимизировано много элементов и параметров конструкции.

701.17. Детали, которые следует учитывать в модели, являются предметом обсуждения и зависят от типа испытания, для которого предназначается модель. Например, при определении характеристики реагирования конструкции на удар, исключение боковых ребер охлаждения из масштабной модели может привести к ее более серьезному повреждению. Такого типа рассмотрение может сильно упростить конструкцию модели без уменьшения ее обоснованности. Необходимо включать только основные конструктивные особенности, способные повлиять на результаты испытания. Существенным однако, является то, чтобы для модели и полномасштабной упаковки использовались одинаковые материалы, а также сходные технологии конструирования и изготовления. В этом смысле следует использовать методы конструирования и

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

изготовления, которые будут воспроизводить механическое поведение и реагирование конструкции полномасштабной упаковки, учитывая такие процессы, как машинная обработка, сварка, тепловая обработка, а также методы крепления. Характеристики зависимости деформации от напряжения для конструкционных материалов не должны зависеть от скорости деформации в такой степени, при которой результаты испытаний на модели становятся непригодными. Эту степень необходимо учитывать ввиду того, что скорости деформаций в модели могут быть выше, чем в полномасштабной упаковке.

701.18. В некоторых случаях точное масштабирование всех элементов упаковки может быть нецелесообразным. Например, рассмотрим толщину ограничителя удара по сравнению с общей длиной упаковки. В модели отношение толщины к общей длине может быть отличным от этого соотношения для реальной упаковки. Другие примеры включают в себя толщину листового металла, размер уплотнения или болта, которые могут быть нестандартного размера или которых может не быть в наличии. Если существуют заметные геометрические расхождения между реальной упаковкой и испытываемой моделью, поведение обеих в условиях падения с высоты 9 м следует сравнивать с помощью компьютерного моделирования, с тем, чтобы определить, действительно ли геометрические отличия должны стать предметом серьезного анализа. Для выполнения расчетов следует выбирать такую программу, которая была верифицирована путем надлежащих контрольных испытаний. Если влияние отличий несущественно, модель может быть признана пригодной для проведения масштабных испытаний на падение. Этот подход применим для масштабного соотношения 1:4 или более.

701.19. Выбор масштабного коэффициента для модели, является еще одной областью, где необходимо обоснование, так как выбор масштабного коэффициента зависит от точности, с которой нужно обеспечить представительность модели. Чем больше отклонение от реального масштаба, тем больше вносимая ошибка. Следовательно, снижение масштаба может быть предпочтительнее для изучения деформации упаковки в целом, чем для испытаний отдельных частей упаковки, и в некоторых случаях выбор масштабного фактора может определяться конкретным типом испытаний, которые предполагается провести. Для некоторых испытаний, таких как испытание на проникновение, определенное в Правилах, штырь следует масштабировать, чтобы получить точные результаты. В других случаях, когда упаковочный комплект может быть защищен значительной

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

толщиной деформируемой конструкции, может потребоваться масштабирование высоты падения.

701.20. В целом, масштабный коэффициент M (отношение размера модели к размеру прототипа) должен быть не менее, чем 1:4. Для моделей с масштабным фактором 1:4 или более, эффект влияния скорости нагружения на механические свойства материалов будет пренебрежимо мал. Влияние зависимости от скорости нагружения для типичных материалов (например, для нержавеющей стали) следует проверить.

701.21. Масштабирование испытаний на падение возможно, с учетом приведенных ниже ограничений, являющихся результатом следующих законов моделирования, которые верны для случаев, когда сохраняется высота падения оригинала:

Ускорения:	$a_{модель} = (a_{оригинал}) / M$
Силы:	$F_{модель} = (F_{оригинал}) M^2$
Напряжения:	$\sigma_{модельи} = \sigma_{оригинал}$
Деформации	$\varepsilon_{модель} = \varepsilon_{оригинал}$

701.22. Для легких моделей на пространственную ориентацию модели или ее скорость в процессе испытаний на падение могут влиять такие факторы, как качание несущего корда для проводов к датчикам ускорения или тензометров, или действие ветра. Опыт показывает, что для упаковок массой более 1000 кг при проведении испытаний следует использовать полномасштабные модели, либо следует использовать специальные направляющие для масштабных моделей.

701.23. Когда заявка на утверждение конструкции упаковки основана в какой-то степени на испытаниях масштабных моделей, она должна включать обоснование использованных методов моделирования. В частности, в обоснование следует включать:

— определение масштабного коэффициента;
— доказательство того, что сконструированная модель достаточно точно воспроизводит детали упаковки или части упаковочного комплекта которые должны быть испытаны;
— перечень деталей и элементов, не воспроизведенных в модели;
— обоснование для исключения деталей или элементов на модели; и
— обоснование использованных критериев подобия.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

701.24. При оценке результатов испытаний масштабных моделей следует анализировать повреждение не только самой упаковки, но в некоторых случаях и повреждение содержимого упаковки. В частности повреждение содержимого упаковки следует рассматривать, кода оно имеет следствием изменения:

— потенциальной скорости выхода;
— параметров, влияющих на критичность;
— эффективности защиты;
— теплового режима.

701.25. Экстраполяция результатов испытания масштабных моделей с уплотнениями и уплотняющими поверхностями на натурную упаковку может быть сопряжена с трудностями. Несмотря на то, что получение информации относительно деформации и перемещения уплотняющих поверхностей, возможно на масштабных моделях, следует с осторожностью подходить к экстраполяции характеристик уплотнения и протечки (см. пункт 716.7). Когда масштабные модели используются для испытания уплотнений, следует рассматривать влияние таких факторов, как шероховатость поверхности, зависимость поведения уплотнения от типа и толщины материала, проблемы, связанные с оценкой скорости утечки на основе результатов масштабных испытаний.

702.1. Рекомендуется, чтобы любые методы пост-тестовых оценок, используемые для доказательства соответствия, включали, в зависимости от типа упаковки, следующие методы:

— визуальное обследование;
— оценку нарушения;
— измерения зазоров уплотнений для всех закрывающих устройств;
— проверка протечки уплотнения;
— разрушающие и неразрушающие методы контроля и измерения;
— микроскопическое исследование поврежденного материала.

702.2. При оценке повреждений упаковки после испытания на падение следует также оценивать все повреждения от вторичных ударов. Вторичные удары включают в себя все дополнительные ударные взаимодействия между упаковкой и мишенью, следующие за начальным ударом. В оценках, основанных на численных методах, следует также учитывать вторичные удары. Соответственно положение упаковки, которое приведет к максимальному повреждению, следует определять с

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

учетом как первичного, так и вторичных ударов. Опыт показывает, что эффект вторичных ударов часто более значителен для удлиненных упаковок жесткой конструкции, включая:

— упаковки с отношением размеров (длина к диаметру) более 5, но иногда даже доходящим до 2;
— большие упаковки, когда предполагается, что падение с 9 м сопровождается значительным подскоком;
— упаковки, с удлиненным и жестким содержимым, и, особенно, подверженные воздействию боковых ударов.

ИСПЫТАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА ОСОБОГО ВИДА

Общие положения

704.1. В Правилах заданы четыре вида испытаний, а именно: испытание на столкновение, на удар, на изгиб и тепловое испытание, которые предназначены для имитации механических и тепловых воздействий, которым радиоактивные материалы особого вида могут подвергнуться в случае выхода из своего упаковочного комплекта.

704.2. Требования по этим испытаниям устанавливаются для того, чтобы гарантировать, что радиоактивные материалы особого вида, будучи в результате аварии погруженными в жидкости, не будут рассеиваться выше пределов, указанных в пункте 603.

704.3. Испытания конструкции капсулы могут быть проведены с имитатором радиоактивного материала. Термин «имитатор» означает точную копию закрытого радиоактивного источника, капсула которого имеет такую же конструкцию и сделана из тех же материалов, что и капсула радиоактивного источника, который имитатор представляет, но вместо радиоактивного материала капсула содержит вещество с механическими, физическими и химическими свойствами, как можно более близкими к радиоактивному материалу, и содержащее индикаторный радиоактивный материал только в виде следов. Индикатор должен быть растворимым в растворителе, который не воздействует на капсулу. Процедура, описанная в стандарте ISO 2919 [1] использует либо активность 2 МБк Sr-90 и Y-90 в виде растворимой соли, или 1МБк Co-60 в виде растворимой соли. По возможности следует использовать более

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

короткоживущие нуклиды. Однако, если используется метод оценки с выщелачиванием, то следует тщательно проводить интерпретацию результатов. Следует учитывать масштабные эффекты, значение которых будет зависеть от максимальной активности, которая содержится в капсуле, а также от физической формы содержимого капсулы, особенно от растворимости содержимого по сравнению с индикаторным радионуклидом. Этой проблемы можно избежать, в случае проведения испытаний методом объемной утечки (см. разделы 603.3 и 603.4). Обычно, испытания для радиоактивных материалов особого вида проводятся с использованием полномасштабных закрытых источников излучения или нерассеиваемых твердых материалов, так как они недороги и результаты испытаний легко интерпретируются.

Методы испытаний

705.1. Так как этому испытанию предназначено быть аналогом испытания на падение с высоты 9 м для упаковки типа B(U) (см. пункт 603.1), образец должен падать таким образом, чтобы получить максимальные повреждения.

706.1. Для того чтобы получить максимальное повреждение следует уделять особое внимание условиям испытания на удар.

709.1. Признается, что испытания, указанные в пунктах 705, 706, 708 не являются уникальными, и что могут быть равно приемлемы другие международные нормы испытаний. Два испытания, описанные Международной Организацией по Стандартизации, были определены, как адекватная альтернатива.

709.2. Альтернативное испытание, предложенное в пункте 709(а) является Испытанием на удар класса 4 ISO 2919 [1] и состоит в следующем: молот массой 2 кг, с плоской ударной поверхностью, имеющей диаметр 25 мм со скругленной кромкой радиусом 3 мм, падает на образец с высоты 1 м; образец размещается на стальной наковальне, которая имеет массу не менее 20 кг. Требуется, чтобы наковальня была жестко закреплена и имела достаточно большую плоскую поверхность, чтобы вместить весь образец. Это испытание может быть проведено одновременно вместо испытания на столкновение (пункт 705) и испытания на удар (пункт 706).

709.3. Альтернативное испытание, предложенное в пункте 709 (в), является температурным испытанием класса 6 ISO 2919[1] и состоит в

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

том, что образец повергается воздействию минимальной температуры -40°C в течение 20 мин и нагревается за период времени, не превышающий 70 минут, от температуры окружающей среды до 800°C; после этого образец выдерживается в течение часа при температуре 800°C, за которым следует тепловой удар при погружении в воду с температурой 20°C.

Методы оценки выщелачивания и оценки объемной утечки

711.1. Для образцов, содержащих, либо имитирующих содержание радиоактивных материалов в закрытой капсуле, следует применять оценку выщелачивания, как определено в пункте 711(а), либо один из методов оценки объемной утечки, определенных в пункте 711(в). Оценка на выщелачивание аналогична методу, применяемой к нерассеиваемым твердым материалам (см. раздел 710), за исключением того, что образец не помещается первоначально в воду на 7 дней. Другие этапы остаются теми же самыми.

711.2. Альтернативный метод оценки объемной утечки, определенный в пункте 711(а), может состоять из любых испытаний, описанных в ISO 9978 [2], которые являются приемлемыми для компетентного органа. Испытания, в основном позволяют сокращать время испытаний, и, к тому же, некоторые из них предназначены для нерадиоактивных веществ. Выбор метода оценки объемной утечки обеспечивает сокращение времени, связанного с полной последовательностью испытаний, и может включать сокращение времени, связанного с использования защитной камеры в процессе испытания. Таким образом, выбор метода оценки объемной утечки может привести к значительному снижению затрат.

ИСПЫТАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА С НИЗКОЙ СПОСОБНОСТЬЮ К РАССЕЯНИЮ

712.1. Чтобы иметь освобождение от требований к упаковкам типа С, радиоактивные материалы с низкой способностью к рассеянию (РМНР) должны удовлетворять тем же самым критериям работоспособности в отношении удара и огнестойкости, что и упаковки типа С, не создавая при этом значительных количеств рассеиваемых материалов.

712.2. Чтобы материал мог быть квалифицирован, как РМНР, определенные свойства материала должны быть продемонстрированы путем соответствующих прямых физических испытаний, аналитическими

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

методами или их надлежащей комбинацией. Должно быть показано, что выполнен критерий работоспособности, указанный в пункте 605, если содержимое упаковок типа B(U) или упаковок типа B(M), было подвергнуто требуемым испытаниям. Требуется проведение трех испытаний: испытание на столкновение со скоростью 90 м/сек о жесткую мишень, усиленное тепловое испытание и испытание на выщелачивание. Испытание на столкновение и тепловое испытание не являются последовательными. Для испытания на выщелачивание материал должен быть в виде, представляющем свойства материала либо после испытания на столкновение, либо после теплового испытания. Испытания, проводимые для демонстрации требуемых для РМНР свойств, не требуется проводить с полным содержимым упаковки, если результаты, полученные с представительной долей содержимого, могут быть надежным образом перенесены на полное содержимое упаковки. То есть, например, это может быть случай, когда содержимое упаковки состоит из нескольких идентичных составляющих и может быть показано, что умножение выброса, установленного для одной составляющей, на общее число компонентов в упаковке даст верхний предел оценки выброса для целого содержимого упаковки. Для больших предметов также можно проводить испытания с их представительной частью, либо с уменьшенной моделью, если установлено, что результаты испытаний, полученные таким путем, могут быть экстраполированы на поведение выброса для всего содержимого упаковки.

712.3. Для испытаний на столкновение при скорости 90 м/с должно быть продемонстрировано, что удар всего содержимого упаковки, не защищенного упаковкой, о жесткую мишень со скоростью 90 м/с приводит к выходу летучих радиоактивных материалов в газообразной форме или в форме частиц с аэродинамическим эквивалентным диаметром (АЭД) до 100 мкм в количестве, меньшем, чем $100A_2$. Аэродинамический эквивалентный диаметр аэрозольных частиц определяется, как диаметр сферы плотностью 1 г/см^3, который имеет те же характеристики осаждения в воздухе. АЭД аэрозольных частиц может определяться с помощью большого количества способов и измерительных инструментов таких, как импакторы, оптические счетчики частиц, центробежные сепараторы (циклоны). Могут использоваться различные процедуры проведения экспериментов. Одним из возможных подходов является удар горизонтально летящего образца о вертикальную стену, которая имеет все требуемые для жесткой мишени свойства. Все частицы с АЭД менее 100 мкм, становятся переносимыми воздухом и могут транспортироваться восходящим потоком воздуха, имеющим соответствующую скорость, и

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

затем подвергаться анализу относительно размера частиц с помощью установленной измерительной техники для аэрозолей. Воздушный поток с восходящей скоростью около 30 см/с может служить в качестве сепаратора, в котором частицы с АЭД < 100 мкм будут оставаться в потоке, в то время как более крупные частицы будут удаляться из потока, так как скорость их осаждения превышает 30 см/с.

712.4. Для получения дополнительной информации см. пункты 605.5, 605.7–605.9 и 704.3.

ИСПЫТАНИЯ УПАКОВОК

Подготовка образца к испытанию

713.1. Если реальное состояние образца не будет зафиксировано заранее, перед опытом, впоследствии будет очень трудно решить, действительно ли дефект получен в процессе испытания.

714.1. Так как в отдельных случаях компоненты, формирующие систему герметизации, могут быть собраны различными путями, для целей эксперимента важно, чтобы образец и метод сборки были ясно определены.

Испытания целостности системы защитной оболочки и защиты и оценка безопасности по критичности

716.1. Чтобы установить эксплуатационные характеристики образцов, которые были подвергнуты испытаниям, указанным в пунктах 719–733, может потребоваться выполнить исследовательскую программу, включающую и освидетельствование, и дальнейшие вспомогательные испытания. В общем случае первым этапом будет визуальное обследование образца и фиксация его состояния с помощью фотографии. Дополнительно могут потребоваться другие обследования. Если испытания проводились с образцами, содержащими радиоактивные индикаторы (следы радиоактивных материалов), мазки, взятые с поверхностей, могут дать измерения утечки. Герметичность может быть определена следуя процедурам, описанным в пунктах 646.3–646.5 (Тип IP, Тип A, Тип B). Точно также, целостность защиты может быть оценена с помощью использования материалов, содержащих радиоизотопы, помещенные внутрь упаковки. После проверки внешней целостности защитную

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

оболочку (систему герметизации) следует разобрать для проверки состояния внутри: целостность капсул, стекла, контейнеров и т.д.; стабильности геометрических объемов, особенно в упаковке, где содержимое является делящимся материалом; распределение поглощающего материала; стабильность защиты; и функционирование механических частей. Исследовательскую программу следует нацеливать на проверку трех специфических моментов:

— целостность системы герметизации;
— целостность защиты;
— обеспечение в соответствующих случаях того, чтобы перегруппировка делящегося содержимого или поглотителей нейтронов или степени замедления не имела неблагоприятного влияния на предположения и прогнозы по оценке критичности.

716.2. Целостность системы герметизации может быть оценена многими путями. Например, выход радиоактивности из системы герметизации может быть рассчитан на основе объемного (т.е. газообразного) выхода.

716.3. Если испытываемые образцы представляют полноразмерную систему герметизации, на испытываемом образце могут быть сделаны прямые измерения утечки.

716.4. Требуют внимания следующие области:

— характеристика нормальной системы закрытия;
— уровни утечек, которые могут возникнуть где-либо еще в системе герметизации.

716.5. Система герметизации в соответствии с Правилами предполагает так много вариантов, что единая стандартная методика проведения испытания невозможна.

716.6. В Американском Национальном Стандарте N14.5-1977 [3], приемлемые виды испытаний включают, но не ограничиваются, следующими испытаниями, перечисленными в порядке возрастания чувствительности при обычных условиях:

— падение давления газа
— пузыри водной иммерсии или мыльные пузыри
— этилен гликоль

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

— подъем давления газа
— вакуумный с воздушным пузырением
— галогеновый детектор
— гелиевый масс-спектрометр

716.7. Этот стандарт:

— соотносит нормативные требования к системам герметизации с радиоактивным материалом и практически определимые скорости утечки массового потока;
— определяет понятие «герметичный» в единицах объемной утечки;
— делает некоторые упрощающие, консервативные предположения таким образом, что многие из переменных могут быть объединены;
— описывает процедуру испытаний на утечку;
— описывает конкретные испытания на объемную утечку.

716.8. В стандарте ISO 12807 [4] определены критерии испытания на утечку газа и методы испытаний для демонстрации того, что упаковки типа B(U) и B(M) соответствуют требованиям Правил по целостности системы герметизации для конструкции, изготовления, а также предперевозочных и периодических проверок. Предпочтительные методы испытаний описанные в стандарте ISO 12807, включают, но не ограничиваются, следующими:

(a) Количественные методы:
— падение давления газа;
— рост давления газа;
— газовый детектор с заполненной газом оболочкой;
— газовый детектор с оболочкой, откуда убран газ;
— вакуумная оболочка с противодавлением;

(b) Качественные методы:
— методы газового пузырения;
— метод мыльного пузырения;
— электронный анализатор индикаторного (трассирующего) газа;
— метод распыления трассирующего газа;

716.9. Этот стандарт, в целом, основан на следующих допущениях:

— радиоактивные материалы могут выйти из упаковки в форме жидкости, газа, твердого тела, жидкости с частицами твердого тела

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(суспензии) или твердых частиц в газе (аэрозолей), либо в любой комбинации таких форм;
— радиоактивный выход или утечка может произойти одним из следующих путей: вязкое течение, молекулярное течение, проницаемость или блокировка;
— скорость выхода радиоактивного содержимого измеряется непрямым методом испытания на эквивалентную газовую утечку, где она измеряется в единицах скоростей потока газа (нерадиоактивного);
— скорости могу быть выражены математически через диаметр единичного прямого капилляра, который в большинстве случаев считается консервативным представлением утечки или утечек.

716.10. Основными шагами, предусмотренными стандартом для определения утечки, как для нормальных, так и для аварийных условий перевозки, являются следующие:

— определение допустимой скорости выхода радиоактивности,
— определение стандартизированной скорости утечки,
— определение допустимой скорости утечки в испытаниях для каждой стадии проверки,
— выбор подходящих методов испытаний,
— выполнение испытаний и запись результатов.

716.11. Если для испытаний были использованы образцы уменьшенных размеров, прямые измерения утечки через уплотнения могут быть нецелесообразны, так как не все параметры, связанные с утечкой через уплотнения легко масштабируются. В таком случае, поскольку потеря уплотнения часто связана с потерей уплотняющего давления, например, из-за постоянного удлинения прижимающих крышку болтов, рекомендуется проведение детального метрологического исследования, для того, чтобы установить степень, до которой произошло удлинение болта и деформация уплотняющей поверхности на экспериментальном образце после механических испытаний. Данные, основанные на детальном метрологическом исследовании, могут быть масштабированы для определения деформации уплотняющей поверхности и растяжения болтов для реальных размеров. Из испытаний с полномасштабными уплотнениями, используя масштабированные измеренные данные, можно определить поведение полномасштабной упаковки.

716.12. При оценке целостности защиты стандарт ISO 2855[5] обращает внимание на тот факт, что если для создания поставарийных условий

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

испытания планируется использовать радиоактивные источники, то любое повреждение или изменение посттестовой конфигурации упаковки, вызванные помещением в нее источника, может сделать полученные результаты недействительными.

716.13. Если для испытания был использован полномасштабный образец, то один из методов подтверждения целостности защиты состоит в том, что при наличии соответствующего источника внутри образца, вся поверхность образца исследуется с помощью рентгеновской пленки или другого подходящего метода, с целью определить, действительно ли была потеряна защита. Если есть доказательства потери защиты в любой точке поверхности образца, следует определить уровень излучения с помощью расчетов и измерений с тем, чтобы продемонстрировать соответствие требованиям пунктов 646, 651, 656 и 669. Для дополнительной информации следует обращаться к пунктам 646.1–646.5 и 656.13–656.18.

716.14. В качестве альтернативы может быть проведено тщательное исследование размеров компонентов, которые определяют характеристики защиты, чтобы убедиться, что они не подверглись неблагоприятным воздействиям, например, за счет сползания или потери свинца из защиты, приводящего либо к росту общего уровня излучения, либо к возрастанию локальных уровней излучения.

716.15. Применяемые испытания могут показать, что допущения, принятые при оценке безопасности по критичности, не верны. Изменения геометрии, физической или химической форм компонентов упаковочного комплекта или содержимого могут повлиять на взаимодействие нейтронов внутри или между упаковками, и любые изменения должны соответствовать допущениям, сделанным при оценке безопасности по критичности согласно пунктам 671–682. Если условия после испытаний не соответствуют допущениям, принятым при оценке безопасности по критичности, оценку следует откорректировать.

716.16. Хотя испытания полноразмерных или уменьшенных упаковок могут проводиться с имитатором содержимого и из этих испытаний могут быть получены некоторые данные относительно поведения корзины (чехла) или бадьи, используемых для размещения содержимого, конечная геометрия на практике будет зависеть от взаимодействия реальных материалов (механические свойства которых могут отличаться от свойств имитатора содержимого) – с корзиной или бадьей или другими компонентами упаковочного комплекта.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Мишень для испытаний на падение

717.1. Мишень для испытаний на падение определена, как практически недеформируемая поверхность. Эта недеформируемая поверхность предназначена для того, чтобы вызвать повреждения упаковки, которые были бы эквивалентными или большими, чем ожидаемые от ударов о реальные поверхности или конструкции, которые могут произойти при перевозке. Данная мишень является также средством, обеспечивающим возможности сравнивать результаты испытаний и аналитических методов, и в случае необходимости воспроизводить испытания. Недеформируемая мишень, даже описанная в общих чертах, может многократно сооружаться таким образом, чтобы обеспечивалась относительно большая масса и жесткость по отношению к испытываемой упаковке. Так называемые естественные мишени, такие как грунт, мягкие скальные породы и некоторые бетонные конструкции имеют меньшую жесткость и могут вызвать меньшие повреждения упаковки при заданной скорости удара [6]. К тому же значительно труднее сооружать податливые поверхности, дающие воспроизводимые результаты экспериментов, да и форма объекта, упавшего на такую мишень, может повлиять на характер податливости поверхности. Таким образом, если будут использоваться податливые мишени, неопределенность результатов испытаний будет возрастать, и сравнение результатов расчетов и экспериментов будет значительно более трудной задачей.

717.2. Один из примеров недеформируемой мишени, соответствующей нормативным требованиям, это стальная плита толщиной 4 см, установленная на бетонном блоке, укрепленном на жестком грунте или на скальной породе. Рекомендуется, чтобы суммарная масса стали и бетона была бы больше, чем масса образца, по крайней мере, в 10 раз для испытаний, указанных в пунктах 705, 722, 725(а), 727 и 735, и в 100 раз для испытаний по пунктам 737, если не могут быть обоснованы другие значения. Следует оборудовать стальную плиту выступающими стальными конструкциями на нижней поверхности для того, чтобы обеспечить тесный контакт бетоном. Если испытываемые упаковки имеют твердое покрытие, следует предусмотреть нужную прочность стали. Для того, чтобы минимизировать изгиб, бетон должен быть достаточно толстым, но допустимым по размерам испытываемого образца. Другие использованные мишени описаны в [7,8]. Так как изгиба мишени следует избегать, особенно в вертикальном направлении, рекомендуется, чтобы форма мишени была близка к кубической с глубиной, сравнимой с длиной и шириной.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Испытания упаковочных комплектов, предназначенных для гесафторида урана

718.1. Гидравлическим испытаниям подвергается только цилиндр; клапаны и другое вспомогательное оборудование в испытания на утечку включать не следует. Клапаны и другое вспомогательное оборудование следует испытывать в соответствии со стандартом ISO 7195 [9].

Испытания для подтверждения способности выдержать нормальные условия перевозки

719.1. Климатические условия, которым может быть подвергнута упаковка при перевозке в нормальной окружающей среде, включают изменения влажности, температуры окружающей среды и давления, воздействие солнечного тепла и дождя.

719.2. Относительно низкая влажность, в частности, когда она проявляется в совокупности с высокой температурой, вызывает структурные изменения в материалах упаковки, такие как, высыхание, усадку, растрескивание и охрупчивание. Прямое солнечное облучение упаковки может привести к повышению температуры поверхности по сравнению с температурой окружающей среды на несколько часов в районе полудня. Крайний холод отверждает и охрупчивает определенные материалы, особенно используемые для соединений или амортизации. Изменения температуры и давления могут вызвать эффект «дыхания» и постепенное возрастание влажности внутри наружных частей упаковочного комплекта, и, если температура падает достаточно низко, это может привести к конденсации воды внутри упаковки; влажность в корабельном трюме часто очень высока, и падение температуры приведет к значительной конденсации на внешней поверхности упаковки. При конденсации внешние картонные ящики и дистанционные элементы, предусмотренные для снижения внешнего уровня излучения, могут разрушиться. Воздействие дождя может иметь место в то время, когда упаковки ожидают погрузки или во время движения к погрузке или во время самой погрузки.

719.3. При нормальной перевозке упаковка может быть подвергнута как динамическим, так и статическим механическим нагрузкам. Первый вид воздействия может включать ограниченные удары, повторяющиеся толчки и/или вибрацию. Второй вид может включать сжатие и растяжение.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

719.4. Упаковка также может подвергаться ограниченным ударам от свободного падения на поверхность в процессе обращения с ней. Грубое обращение, в частности перекатывание цилиндрических упаковок и кантование прямоугольных – другой общий источник ограниченных ударов. Они могут также возникнуть, как результат проникновения предмета с относительно малым поперечным сечением или от удара об угол или кромку другой упаковки.

719.5. Наземный транспорт часто бывает причиной повторяющейся тряски; все виды транспорта создают вибрационные нагрузки, которые могут вызвать усталость металла и/или ослабить болты и гайки. Штабелирование упаковок для перевозки и изменения нагрузки в результате быстрого изменения скорости в ходе перевозки могут подвергнуть упаковки значительному сжатию. Увеличение и снижение окружающего давления, вследствие изменения высоты над уровнем моря вызывает в упаковке напряжения.

719.6. Следующие испытания были выбраны для воспроизведения повреждений, которые могут быть следствием воздействия климатических и транспортных условий и напряжений: испытание обрызгиванием водой, испытание на свободное падение, испытание на укладку штабелем и испытание на глубину разрушения. Маловероятно, чтобы одна упаковка столкнулась со всеми вариантами грубого обращения или небольшими происшествиями, которые представлены требованиями по четырем перечисленным испытаниям. Непреднамеренный выход части содержимого, хотя и очень нежелательный, не является большим происшествием вследствие ограничения содержимого упаковок типа А. Достаточно, чтобы каждый из трех образцов был подвергнут по отдельности испытанию на свободное падение, испытанию на укладку штабелем либо испытанию на глубину разрушения, которое в каждом случае будет предваряться испытанием на обрызгивание водой. Однако, это не препятствует тому, чтобы один образец был использован во всех испытаниях.

719.7. Испытания не включают в себя всех воздействий внешней среды, которым может подвергнуться упаковка типа А при перевозке. Однако, представляется, что они являются адекватными, рассматривая их в совокупности с другими общими конструкционными требованиями, связанными с условиями перевозки, такими как температура окружающей среды и ее изменения, обращение с упаковкой и вибрация.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

720.1. Если обрызгивание водой осуществляется с четырех сторон одновременно, следует предусмотреть двухчасовой перерыв между испытанием на обрызгивание водой и последующими испытаниями. Данный интервал составляет время, которое необходимо, чтобы вода постепенно впиталась извне внутрь упаковки и снизила ее конструкционную прочность. Если упаковка подвергается последующему испытанию на свободное падение, укладку штабелем или на проникновение вскоре после этого перерыва, это приведет к максимальному повреждению. Однако, если обрызгивание водой осуществлялось по четырем направлениям последовательно, впитывание воды во внутрь упаковки по каждому направлению и высыхание воды снаружи будет происходить постепенно за период, превышающий два часа. Соответственно, не следует предусматривать интервала между завершением испытания на обрызгивание водой и последующим испытанием на свободное падение.

721.1. Испытание на обрызгивание водой, прежде всего, предназначено для упаковочных комплектов, использующих материалы, которые абсорбируют воду или размягчаются от воды, или включают в себя растворимый в воде клей. Для упаковочных комплектов, внешние слои которых состоят полностью из металла, дерева, керамики или пластика, или из некоторой комбинации этих материалов, может быть показана возможность пропуска такого испытания на основании обоснованной аргументации, при условии, что эти упаковки не задерживают воду и не увеличивают значительно свою массу.

721.2. Одним из методов проведения испытания на обрызгивание водой, который считается удовлетворяющим условиям, сформулированным в пункте 721, является следующий:

(a) Образец помещается на плоскую горизонтальную поверхность в положение, в котором наиболее вероятно наибольшее повреждение упаковки. Равномерно распределенная струя направляется на поверхность упаковки в течение 15 минут с каждого из четырех направлений под прямыми углами, при этом смену направления обрызгивания следует выполнять так быстро, как это возможно. Может потребоваться испытание более, чем в одном положении упаковки.
(b) Рекомендуется учитывать следующие дополнительные условия испытания:
   (i) Угол при вершине конуса расширения струи должен быть достаточен, для охвата всего образца на расстоянии определенном в (ii)

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(ii) Расстояние от форсунки до ближайшей точки образца было, по крайней мере, 3 м;

(iii) Расход воды должен быть эквивалентен интенсивности дождя 5 см/час, усредненной по площади конуса расширения струи в месте воздействия на образец и перпендикулярной к оси конуса расширения струи;

(iv) Вода дренируется также быстро, как и подается.

(c) Требование пункта 721 предусмотрено для обеспечения максимальной поверхности смачивания, и это может быть выполнено направлением струи вниз под углом 45° к горизонтали:

(i) Для прямоугольных образцов струя может быть направлена на каждый из четырех углов;

(ii) Для цилиндрических образцов, стоящих на одной плоскости, струя может быть направлена с каждого из четырех направлений с интервалом 90°.

721.3. Не следует поддерживать упаковку над поверхностью, чтобы иметь возможность определить количество воды, собираемой у основания упаковки.

722.1. Испытание на свободное падение имитирует тип удара, когда упаковка падает с платформы перевозочного средства или роняется в процессе обращения с ней. В большинстве случаев перевозка будет продолжаться после таких ударов. Так как ожидается, что более тяжелые упаковки в меньшей степени подвержены падению с большой высоты в процессе нормального обращения, расстояние для свободного падения в таких испытаниях назначается в соответствии с массой упаковки. Если тяжелая упаковка испытывает значительное падение, то ее следует тщательно проверить на повреждение или на потерю содержимого или защиты. Легкие упаковки, выполненные из картонных (фибровых) или деревянных ящиков, требуют дополнительных испытаний на падение, чтобы имитировать повторяющиеся воздействия в процессе обращения. Следует отметить, что для упаковок, содержащих делящиеся материалы, требование о дополнительных испытаниях на свободное падение с высоты 0,3 м на каждый угол или, в случае цилиндрической упаковки на каждую четверть, каждого обода (пункт 622(b) Правил, издания 1990 года, исправленного) были исключены из Правил, начиная с издания 1996 года потому, что такие упаковки, состоящие из металлических конструкций, не рассматриваются как уязвимые к накоплению повреждений, например, легкие упаковки из дерева или картона. Любые несоответствия требованиям в конструкции упаковок, содержащих делящиеся материалы,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

выдерживать нормальное обращение, будут обнаружены испытанием по пункту 722. Дополнительные испытания на свободное падение с высоты 0,3 м до сих пор применимы к определенным картонным или деревянным упаковкам в соответствии с изданием Правил 1996 года, независимо от того содержат они делящиеся материалы или нет. Это вносит логику в режим испытания упаковок.

722.2. Любые испытания на свободное падение следует проводить с содержимым упаковки, имитирующим максимальный вес. Может потребоваться более одного испытания на свободное падение для того, чтобы оценить все возможные варианты падения. Может возникнуть необходимость испытания специфических устройств упаковки, таких как петли и замки, чтобы гарантировать сохранение системы герметизации, защиты и безопасности по критичности.

722.3. Устройства, требующие испытания, зависят от типа испытываемой упаковки. Такими устройствами являются элементы конструкции, материалы и механизмы, предусмотренные в конструкции, чтобы предотвратить потерю или распространение радиоактивных веществ, или потерю защитных материалов (то есть, система герметизации целиком, такие элементы, как клапаны крышки и их уплотнения). Для упаковок, содержащих делящиеся материалы, устройства могут включать в себя, помимо упомянутых выше, элементы для сохранения подкритичности, такие, как фиксирующие рамы для топлива и поглотители нейтронов.

722.4. «Максимальное повреждение» означает максимальное нарушение целостности упаковки. Для большинства упаковок, чтобы нанести максимальное повреждение, образец следует подвергнуть свободному падению в одном или более положениях, таким образом, чтобы ударное ускорение и/или деформация рассматриваемых элементов были бы максимальны. Большинство контейнеров имеют некоторую асимметрию, определяющую различное сопротивление удару. В любом исследовании следует учитывать адекватные конструктивные элементы, обеспечивающие возможное поглощение всей кинетической энергии упаковки. Следует разработать обоснования, как для повреждений в различных элементах между точкой удара и центром массы относительно их роли в поглощении энергии, в возбуждении внутренних нагрузок, в искривлении, изгибе или смятии, так и для последствий таких явлений.

722.5. Упаковки малой массы можно вручную удерживать над мишенью и ронять, обеспечивая требуемое положение. Во всех остальных случаях,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

следует предусматривать механические средства для удержания и освобождения упаковки в требуемом для удара положении. Это может быть просто спусковой механизм, подвешенный за находящуюся на верху конструкцию, такую как потолочная конструкция, кран или башня, сконструированная специально для испытаний на свободное падение. Конструкция специализированной установки для испытаний на падение имеет четыре главных элемента: опора, спусковое устройство, направляющее устройство (обычно не используется при прямых падениях) и мишень, которая определена в пункте 717. Требуется достаточная высота опоры, чтобы вместить спусковой механизм, удерживающий трос или системы подвески, и полностью испытываемого образца, чтобы при этом можно было обеспечить правильное положение и высоту падения, измеряемую между нижней точкой упаковки и мишенью. В тех случаях, когда упаковка оборудована ограничителями удара, высоту падения следует отсчитывать от нижней точки ограничителя. Спусковой механизм для испытаний на свободное падение должен позволять легко закреплять и мгновенно отпускать образец, но он не должен нежелательным образом влиять на положение образца и не должен добавлять образцу механических повреждений. Могут использоваться различные типы механизмов – механические, электромагнитные или их комбинации. Ряд испытательных стендов описан в документе IAEA-TECDOC-295 [10] и в Перечне стендов для испытания упаковок для перевозки радиоактивных материалов, опубликованном в Международном журнале Перевозка радиоактивных материалов [11].

722.6. В процессе пересмотра, который привел к изданию Правил 1996 года, было согласовано, что при проведении испытаний на свободное падение нет необходимости предусматривать все возможные положения, если испытания проводятся для нормальных условий перевозки. Если в нормальных условиях перевозки невозможно падение упаковки в определенных положениях, эти положения могут не рассматриваться при оценке наихудшего повреждения. Было предусмотрено, что данное ослабление требований разрешается только для упаковок больших размеров и с большим отношением сторон. К тому же такое ослабление требует от конструктора упаковки документальных обоснований. Конструкции упаковок, требующие утверждения компетентных органов, следует испытывать в положениях, наибольшего повреждения, независимо от размера упаковки или соотношения ее сторон.

722.7. Методы масштабного моделирования могут быть использованы для определения наиболее уязвимого положения для повреждения при

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

свободном падении (см. пункты 701.7–701.250). Следует уделить внимание измерительной технике, так как частоты элементов крепления и самих датчиков могут внести ошибки в полученные данные.

723.1. Испытания на укладку штабелем предусмотрены для того, чтобы имитировать эффект давления на упаковку в течение длительного периода времени, чтобы получить уверенность в том, что эффективность защиты и системы герметизации не будет снижена, и в случае, когда содержимое будет делящимся материалом, не возникнет неблагоприятного воздействия на конфигурацию. Продолжительность этого испытания соответствует требованиям Рекомендаций ООН [12].

723.2. Любая упаковка, у которой нормальная верхняя поверхность, то есть сторона противоположная той, на которой она обычно стоит, является параллельной и плоской, может укладываться в штабель. К тому же для укладки штабелем могут использоваться дополнительные подставки, и опоры или рамы для упаковок с искривленной поверхностью. Упаковки с искривленной поверхностью не могут быть уложены в штабель, если не снабжены опорами или подставками.

723.3. Образец следует размещать нижним основанием на плоской поверхности, такой, как бетонный пол или стальная плита. Если необходимо, плоскую плиту, имеющую достаточную площадь, чтобы накрыть верхнюю поверхность образца, следует поместить на такую верхнюю поверхность так, чтобы нагрузка могла распределяться равномерно. Массу плиты следует включать в суммарную сдавливающую массу, применяемую в испытании. Если ряд однотипных упаковок возможно складировать, то наиболее простой метод состоит в построении штабеля из пяти упаковок на верхней поверхности испытываемого образца. Вместо этого на упаковку могут быть помещены стальная плита или плиты, или другие подходящие материалы с массой, в пять раз превышающей массу упаковки.

724.1. Испытание на проникновение (глубину разрушения) предназначено для гарантий того, что содержимое не выйдет из системы герметизации или, что защита или система локализации не будут повреждены в случае, если тонкий объект, такой, как длинный отрезок трубы или рычаг управления падающего велосипеда ударит и проникнет через внешний слой упаковочного комплекта.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Дополнительные испытания для упаковок типа А, предназначенных для жидкостей и газов

725.1. Эти дополнительные испытания для упаковок типа А сконструированных для жидкостей или газов продиктованы тем, что жидкие и газообразные вещества обладают более высокой способностью утечки, чем твердые материалы. Эти испытания не требуют предварительного испытания на обрызгивание водой.

Испытания для проверки способности выдерживать аварийные условия при перевозке

726.1. Аварийные испытания, определенные в Правилах, первоначально были разработаны для достижения двух целей. Во-первых, они были задуманы как производящие повреждение упаковки, эквивалентное тому, которое может возникнуть при очень тяжелой аварии (но не обязательно всех мыслимых аварий). Во-вторых, испытания формулировались в таком виде, чтобы обеспечить инженерную базу для проектирования. Так как анализ является приемлемым методом квалификации конструкции, испытания были предписаны в технических показателях, которые могут служить недвусмысленными количественными исходными данными для таких расчетов. При разработке требований к испытаниям внимание уделялось также тому, как хорошо эти испытания могут быть воспроизведены (см. например, пункт 717.1).

726.2. Правила издания 1961 года были основаны на принципе защиты содержимого упаковки, и таким образом здоровья населения, от последствий «максимальной возможной аварии». Эта фраза была позже опущена, потому, что она не дает единого уровня или стандарта с которым нужно работать, и который необходим для того, чтобы обеспечить международную приемлемость односторонне утвержденных конструкций. Статистическая природа аварий в настоящее время в неявном виде содержится в требованиях. Главной целью испытаний упаковки является международная приемлемость, единообразие и повторяемость; испытания предусмотрены таким образом, что условия могут быть легко воспроизведены в любой стране. Условия испытаний ориентированы на воспроизведение тяжелых аварий в показателях повреждающих воздействий на упаковку. Эти условия создают повреждения, превышающие те, которые возникают в подавляющем большинстве зарегистрированных инцидентов, независимо от того, были вовлечены в них упаковки с радиоактивными материалами, или нет.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

726.3. Целью механических испытаний (пункт 727) и последующих тепловых испытаний (пункт 728) является воспроизведение повреждения упаковки, эквивалентного тому, которое могло наблюдаться в случае попадания упаковки в тяжелую аварию. Считается, что порядок и тип испытаний соответствуют порядку внешних воздействий на упаковку в условиях реальной аварии при перевозке, то есть механические воздействия сопровождаются затем тепловым. Последовательность испытания также обеспечивает механические повреждения упаковки перед воздействием теплового испытания: таким образом, упаковка наиболее подвержена получить максимальное тепловое повреждение. Механические и тепловые испытания применяются к одному и тому же образцу последовательно. Испытание погружением в воду (пункт 729) могут проводиться на отдельном образце потому, что вероятность погружения, возникающая в связи с тепловой/механической аварией крайне мала.

727.1 Требования проведения механических испытаний для упаковок типа B были внесены в Правила издания 1964 года вместо требования выдерживать «максимально возможную аварию», которое не было регламентировано специальными требованиями к испытаниям, а было оставлено на усмотрение компетентного органа заинтересованной страны. Так как упаковки типа B(U) и B(M) могут перевозиться любыми видами транспорта, то требования к испытаниям для этих типов упаковок направлены на учет большого диапазона аварий, которые могут привести к серьезным динамическим воздействиям на упаковки. Механические эффекты аварий могут быть сгруппированы в три категории: ударные, раздавливающие и проникающие нагрузки. Хотя численные значения для требований к испытаниям не определялись в то время непосредственно из анализов аварий, последующие анализы аварий и риска показали, что испытания представляют очень серьезные транспортные аварии [13-18].

727.2. При падении I, сочетание высоты падения 9 м, недеформируемой мишени и наиболее уязвимого для повреждения положения, создает условия, в которых большая часть энергии падения поглощается структурой упаковки. В условиях реальных транспортных аварий, такие мишени, как грунт или перевозочное средство являются деформируемыми, адсорбирующими часть энергии удара, и только более высокая скорость удара может вызвать эквивалентное повреждение [16–18].

727.3. Конструкции тонкостенных упаковочных комплектов или конструкции с многослойными стенками (типа сэндвич) могут быть достаточно чувствительны к пробивающим нагрузкам в отношении потери

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

целостности системы герметизации, потери тепловой изоляции или повреждения системы локализации. Даже толстостенные конструкции могут иметь слабые места, такие как крышки, дренажные отверстия, клапаны и т.д. Пробивающие нагрузки могут быть вероятными в авариях, так как ударяемые поверхности часто не плоски. Чтобы обеспечить безопасность при таких нагрузках, были введены испытания на свободное падение с высоты 1 м на жесткий штырь. Высота падения и геометрические параметры пробоя в большей степени являются результатом инженерных оценок, чем выводом из анализа аварий.

727.4. Степень безопасности, обеспечиваемая испытанием на свободное падение с высоты 9 м, меньше для легких упаковок с малой плотностью, чем для тяжелых упаковок высокой плотности, вследствие пониженной энергии удара и повышенной вероятности удара об относительно недеформируемую мишень [16-22]. Такие упаковки могут быть также уязвимыми к раздавливающим нагрузкам. Анализ аварий показывает, что вероятность динамических раздавливающих нагрузок в авариях на наземном транспорте выше, чем ударных нагрузок, потому что легкие упаковки перевозятся в больших количествах или вместе с другими упаковками [13-15]. Также ошибки при обращении и складировании могут привести к непомерным динамическим или статическим раздавливающим нагрузкам. Конечным результатом этого было включение испытаний на раздавливание (падение III) в Правила издания 1985 года. Упаковки, содержащие большое количество альфа-источников, в основном легкие, низкой плотности вследствие их ограниченной защиты и могут быть отнесены к этой категории. Они содержат, например, порошки оксида плутония, и растворы нитрата плутония, которые являются радиоактивными материалами с высокой потенциальной опасностью. Вследствие их физических характеристик, большинство упаковок будут предметом испытаний на свободное падение с высоты 9 м, а не испытаний на раздавливание.

727.5. Правила требуют, чтобы положения упаковки в испытаниях на удар (падение I) или раздавливание (падение III) или пробой (падение II) были такими, чтобы произвести максимальное повреждение, принимая во внимание тепловое испытание. Порядок проведения испытаний должен быть таким, чтобы он был наиболее разрушительным. Оценку максимального повреждения следует проводить относительно удержания радиоактивных материалов внутри упаковки, сохранения защиты, чтобы внешнее излучение оставалось в допустимых пределах, и в случае наличия делящихся материалов относительно сохранения подкритичности. Следует учитывать любое повреждение, приводящее к повышению излучения или

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

потере герметичности, или к повреждению системы локализации после тепловых испытаний. Повреждение, которое может привести упаковку в состояние, непригодное для его повторного использования, но которое не влияет на его способность соответствовать требованиям безопасности, не следует считать причиной для классификации образца, как не выдержавшего испытания.

727.6. В результате механических испытаний могут быть получены различные типы повреждений. Следует учитывать результаты таких повреждений при проведении любых аналитических оценок, чтобы продемонстрировать выполнение соответствующих требований. Нарушение критического компонента или пробой системы герметизации могут привести к выходу радиоактивных материалов. Деформация может нарушить функцию радиационной или тепловой защиты, может изменить конфигурацию делящихся материалов, и это следует отразить в допущениях и прогнозах при оценке критичности. Локальное повреждение защиты может, как результат последующих тепловых испытаний привести к увеличению нарушений как тепловой, так и радиационной защиты. Следовательно, при проведении исследований следует включать в рассмотрение нагрузки, напряжения, нестабильность и локальные эффекты для всех положений свободного падения, если симметрия не является преобладающей.

727.7. Осуществление многократных падений образца в одном и том же испытании может быть неосуществимым вследствие повреждения образца на предыдущем этапе. Может возникнуть необходимость использования более чем одного образца, либо применить анализ и обоснованные доказательства, основанные на технических данных, для предсказания наиболее опасных положений для повреждения образца, чтобы исключить из испытаний те положения, которые не приводят нарушению безопасности.

727.8. Наиболее опасные пространственные положения для упаковок цилиндрической или кубической формы, могут быть определены на основе опубликованной информации [10, 23]. Несимметричные элементы, особенно выступающие части, могут быть весьма чувствительны к повреждениям, особенно, если используются, как точка приложения воздействия. Подъемные и вспомогательные устройства такие, как салазки или узлы крепления, часто имеют отличную от смежных частей упаковки прочность или жесткость, и их следует рассматривать, как возможные точки воздействия.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

727.9. Неоднородности, такие как крышка и другие проникающие детали, могут образовывать локальный жесткий элемент или структуру с ограниченной прочностью, которые могут быть повреждены вследствие деформации соседних конструкций, либо – вследствие высоких нагрузок (при торможении), действующих на удерживаемые ими массы.

727.10. Тонкостенные упаковки, такие, как бочки, следует анализировать в отношении пластической деформации, вызывающей либо потерю уплотнения системы герметизации, либо нарушения в креплении крышки, достаточные для потери крышки.

727.11. Пункт 671 содержит требование, чтобы для делящихся материалов анализы критичности выполнялись с учетом суммарных повреждений, полученных в результате механических и тепловых испытаний. Следует рассматривать такие аспекты, как эффективность замедлителя, потеря поглотителей нейтронов, перегруппировка содержимого упаковки, геометрические изменения и температурные эффекты. Предположения, сделанные при выполнении анализа критичности, следует согласовывать с последствиями механических и тепловых испытаний, кроме того, при проведении анализа следует учитывать все положения упаковки.

727.12. Подразумевается, что падение упаковки (падения I и II) или тела массой 500 кг (падение III) должно быть свободным падением под действием силы тяжести. Если, однако, используются некие направляющие (салазки), важно, чтобы скорость удара была, по крайней мере, равна скорости удара, когда упаковка или тела находились в свободном падении (приблизительно 13,3 м/с для падений I и III).

727.13. Для падения II, требуемая длина проникающего штыря равна 20 см. Следует использовать большую длину стержня, когда расстояние между внешней поверхностью упаковки и любым внутренним компонентом, важным для ее безопасности, больше чем 20 см или, когда это требуется, исходя из ориентации модели. Это отчасти справедливо для образцов с большими устройствами для ограничения ударов, если для них рассматривается проникающее воздействие. В качестве материала для конструкции штыря выбирается мягкая сталь. Следует обеспечивать, чтобы минимальное значение предела текучести для таких материалов было не менее 150 МПа и не более 280 МПа. Отношение предела текучести к пределу прочности должно быть не более 0,6. Проведение испытаний может быть сопряжено с трудностями, если возможен прогиб стержня. В этом случае следует выполнить

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

обоснование необходимой длины стержня, обеспечивающей максимальное повреждение образца.

727.14. Для падения II положением, приводящим к наибольшему повреждению, не обязательно является прямое воздействие на верхнюю поверхность стержня. Для некоторых конструкций упаковки было показано, что максимальные повреждения вызывают наклонные положения с углами наклона в диапазоне 20–30° вследствие начального проникновения угла штыря во внешнюю оболочку упаковки.

727.15. Только для предварительного конструирования и только для внешних оболочек типа сталь-свинец-сталь может быть использовано следующее уравнение для оценки толщины внешней оболочки, необходимой для сопротивления повреждению при испытаниях на пробой:

$$t = 2148.5\left(\frac{w}{s}\right)^{0.7}$$

где

t – толщина внешней оболочки (см),

w – масса упаковки (кг),

s – растягивающие напряжения материала внешней оболочки.

Это уравнение основано на результатах испытаний, использующих отпущенную мягкую сталь с подложкой из химически чистого свинца [23]. Для упаковок, использующих материалы с другими физическими свойствами может потребоваться иная толщина внешней стальной оболочки, чтобы соответствовать требованиям. Для упаковок небольшого диаметра, менее 0,75 м, или использующих материалы с другими физическими свойствами или в случае ударов вблизи мест изменения геометрии, или при наклонном положении, предварительная оценка может быть не консервативной [23].

727.16. В испытаниях на раздавливание (падение III) упаковку следует оставлять на мишени в устойчивом положении. Для достижения этого может потребоваться опора, присутствие которой не должно влиять на повреждение упаковки [24].

727.17. Проведение измерений в отношении испытываемых образцов, и даже измерение реакции мишени на воздействие, следует проводить по следующим причинам:

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

— для проверки правильности допущений, сделанных при проведении анализа безопасности,
— как основу для изменений конструкции,
— как основу для конструирования упаковок, сравнимых с испытуемой,
— как контрольное испытание для компьютерных программ.

727.18. Примерами измеряемых функций в условиях удара/раздавливания могут быть: временная функция торможения и временная функция деформаций. Там, где для сбора, регистрации и накопления данных используются электронные устройства, следует проводить проверку возможной фильтрации, усечения или искажения масштаба сигнала, с тем, чтобы не потерять важные пиковые значения данных. Для большинства измерений потребуются кабельные соединения с внешними устройствами. Эти соединения следует делать таким образом, чтобы они не ограничивали свободное падение упаковки и не удерживали упаковку после удара (см. пункт 701.9).

728.1. Работы, проведенные в США [13–15, 25–28], показывают, что тепловые испытания, определенные в пункте 728, охватывают внешние воздействия, которые сопровождают большинство транспортных аварий, связанных с пожарами. Правила определяют условия испытаний на основе горения жидкого углеводородного топлива на воздухе в течение 30 мин. Другие параметры, относящиеся к геометрии пламени и характеристикам теплопередачи, даны для того, чтобы определить поступление тепла к упаковке.

728.2. Тепловое испытание предполагает горение бассейна с жидким углеводородным топливом, которое призвано воспроизвести повреждающие воздействия от пожаров, включая горение твердых, жидких и газообразных горючих материалов. Такие жидкости, как нефтяной сжиженный газ (НСГ), жидкий природный газ (ЖПГ) и жидкий водород охватываются испытанием, потому что горение бассейна с такими видами топлива будет не дольше 30 мин. Жидкие нефтяные продукты часто транспортируются по автомобильным дорогам, по железным дорогам и морем, и предполагается, что они могут стать причиной пожара, сопровождающего аварию. Жидкости, которые могут обтекать упаковки и создавать упомянутые выше условия, имеют ограниченный диапазон значений теплотворной способности, так что серьезный пожар довольно хорошо определен.

728.3. Температура и коэффициент излучения пламени (800°C и 0,9) определяют временные и пространственно усредненные условия для

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

горения топлива в бассейне. Локально, внутри пламени, температуры и потоки тепла могут превышать эти значения. Однако не идеальное расположение упаковки внутри пожара, перемещение со временем источника пожара относительно упаковки, экранированного другими негорючими упаковками или транспортными средствами, влияние ветра и массивные конструкции многих упаковок Типа B(U) и Типа B(M) будут усреднять реальные условия пожаров до условий, соответствующих испытанию, или до менее серьезных условий, чем в испытании [27, 28]. Присутствие упаковки и удаленность от источника кислорода (воздух проходит вглубь пламени примерно на 1 м) могут приводить к снижению температуры пламени, примыкающего к упаковке. Естественный ветер может принести дополнительный кислород, но также может и удалить пламя с отдельных частей упаковки, отсюда требование о постоянстве условий внешней среды. Использование вертикальных направляющих для пламени ниже упаковки будет снижать эффект ветра и увеличивать охват пламенем [29]. Оценить значение коэффициента излучения трудно, потому что прямые измерения в целом отсутствуют, но данные практических испытаний говорят, что значение 0,9 может быть оценено, как преувеличенное. Маловероятно, чтобы условия аварии превышали комбинацию параметров серьезного пожара, имеющуюся в условиях испытаний.

728.4. Продолжительность большого нефтяного пожара зависит от количества, вовлеченного в пожар топлива и от доступности средств борьбы с пожаром. Жидкое топливо перевозится в больших количествах, но для того чтобы сформировать бассейн, необходимо, чтобы протечка поступала в хорошо огороженную площадь вокруг упаковки с соответствующими потерями за счет дренажа. В целом, не все содержимое отдельной цистерны будет вовлечено в такой сценарий, поскольку достаточно много топлива либо останется в самой цистерне, либо перетечет к другой упаковке. Наиболее вероятно, что содержимое других цистерн будет гореть на некотором расстоянии, так как пожар перемещается от цистерны к цистерне. Должен быть осознан тот факт, что при отсутствии прямой угрозы жизни пожару часто позволяют догореть до затухания естественным образом. Соответственно, обзор имеющихся данных относительно продолжительности пожаров должен быть критическим. Таким образом, длительность пожара – 30 мин была выбрана из рассмотрения этих факторов и учитывает низкую вероятность для упаковки быть вовлеченной в пожар с большим объемом топлива и «наихудшим случаем» в отношении геометрии. Маловероятный пожар большой продолжительности наиболее правдоподобен в

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сочетании геометрическими условиями, которые обеспечивают эффективное снижение подвода тепла к упаковке, остающейся на грунте и/или защищенной конструкциями перевозочного средства. Подвод тепла при проведении тепловых испытаний, таким образом, соответствует реалистическим условиям тяжелой аварии.

728.5. Следующая конфигурация геометрии пожара минимизирует эффекты потерь за счет излучения и увеличивает приток тепла к упаковке. Поднятие упаковки на отметку 0,6 ÷ 1 м обеспечивает хорошее развитие пламени в месте расположения упаковки с достаточным пространством для бокового подвода воздуха. Это улучшает равномерность пламени без изменения тепловых потоков. Распространение источника топлива за границы упаковки гарантирует минимальную толщину пламени около 1 м, обеспечивая разумно высокую излучательную способность пламени. Размер бассейна должен на 1 ÷ 3 м выходить за внешнюю поверхность испытываемого образца, чтобы улучшить охват пламенем. Большее распространение за границы упаковки может приводить к кислородному голоданию в центре и соответственно к низким температурам около упаковки [30].

728.6. Предыдущие издания Правил содержали требование отсутствия искусственного охлаждения до истечения трех часов после окончания горения. В издании 1985 года ссылка на трехчасовой период была исключена, подразумевая, что оценка температур и давлений будет продолжаться до тех пор, пока внутренние и внешние температуры не снизятся, и естественное горение компонентов упаковки будет продолжаться без вмешательства. Потери тепла с поверхности упаковки после окончания пожара будут определяться только естественной конвекцией и излучением.

728.7. Правила допускают другие значения поглощающей способности поверхности, если они могут быть обоснованы, как альтернатива стандартному значению 0,8. На практике горение бассейна столь дымно, что сажа будет осаждаться на холодных поверхностях, изменяя условия теплообмена. Это благоприятно для повышения поглощающей способности, но создает барьер для теплопроводности. Значение 0,8 соответствует поглощающей способности красок и может рассматриваться, как аппроксимация эффекта осаждения сажи на поверхности. Так как поверхность нагревается, сажа может не сохраниться, и это может привести к снижению поглощающей способности поверхности.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

728.8. В Правилах издания 1985 года устранена существовавшая ранее неопределенность «конвективного поступления тепла в условиях неподвижного окружающего воздуха при температуре 800°C», но не сделано указания о значении коэффициента, необходимого конструктору для обоснования допущений. Существенная доля поступления тепла может быть получена за счет конвекции, особенно когда внешняя поверхность оребрена, и в начале испытания, когда поверхность относительно холодная. Подводимое конвективное тепло должно быть, по крайней мере, эквивалентно теплу при горении углеводородного топлива воздухе при указанных условиях.

728.9. Преобладающими последствиями тепловых испытаний, конечно, являются увеличение температур упаковки и последующие эффекты, такие как высокое внутреннее давление. Пик температуры до некоторой степени зависит от начальной температуры, которую следует определять, используя соответствующие (максимальные) начальные условия для внутреннего тепловыделения, солнечного тепла и температуры окружающей среды. Для практических испытаний не все из этих условий достижимы, поэтому следует производить соответствующие измерения (например, температуры окружающей среды) и соответствующим образом корректировать температуру упаковки после испытания.

728.10. Условия пожара, определенные в Правилах, и требование о полном охвате пламенем в течение всего испытания, представляют собой очень серьезное испытание для упаковки. Не ставится задача определения наихудшего потенциального пожара. На практике, некоторые параметры могут быть более тяжелыми, чем указанные в Правилах, однако другие могут быть менее тяжелыми. Например, трудно представить такую практическую ситуацию, когда все поверхности упаковки испытывают на себе все воздействие пламени, так как можно предположить, что существенная часть площади поверхности защищена либо грунтом, либо обломками и осколками, образующимися при аварии. Упор был сделан в большей степени на тепловой поток, чем на выбор отдельных параметров, и определенные таким образом условия представляют собой очень тяжелое испытание для любой упаковки [28]. Следует подчеркнуть, что тепловое испытание является только одним из кумулятивной серии испытаний, которым необходимо подвергнуть упаковку, чтобы привести к максимальному ее повреждению. Это повреждение должно оставаться очевидно малым в свете строгих критериев для целостности системы герметизации, уровня внешнего излучения и безопасности по критичности.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

728.11. Ниже приводятся примеры, которые могут быть рекомендованы. Могут использоваться другие подходы и методы, но они предполагают больший объем обоснований для своей поддержки. Важно отметить, что требования теплового испытания могут быть удовлетворены проведением практических испытаний, расчетными оценками или их комбинацией. Последний подход может потребоваться, если, например, начальные условия, необходимые для испытания, не были достигнуты, или если элементы конструкции упаковки не были полностью представлены в эксперименте. Во многих случаях последствия теплового испытания необходимо определять расчетным путем, которые таким образом, становятся неотъемлемой частью планирования и проведения практических испытаний. Правила устанавливают определенные параметры горения, которые представляют собой важные исходные данные для расчетов, но в целом, при проведении практических испытаний неконтролируемы. Стандартизация практического испытания, таким образом, достигается регламентацией топлива и геометрии бассейна для горения, и требованием других практических методов, чтобы обеспечить такой же или большой подвод тепла.

728.12. Что касается конструкции упаковки, то некоторые защитные материалы имеют эвтектику с температурой плавления ниже окружающей температуры 800°C теплового испытания. Таким образом, следует проанализировать способность конструкционных материалов сохраняться. Материалы локальной защиты, такие, как пластик, твердый парафин или вода могут испаряться, создавая давление, которое может разорвать оболочку, которая в свою очередь могла быть ослаблена повреждениями, полученными в ходе механических испытаний. Может потребоваться термодинамический анализ, чтобы определить действительно ли такое давление может быть достигнуто.

728.13. Нижнюю часть испытываемой упаковки следует располагать на 0,6 ÷ 1,0 м выше, чем поверхность жидкого топлива. Если топливо не восполнять или не заменять другой жидкостью, его уровень во время испытания будет снижаться, вероятно на 100 ÷ 200 мм. Образец упаковки должен поддерживаться таким образом, чтобы поток тепла и пламя получали минимальные возмущения за счет опор, поддерживающих образец. Например, большое количество малых опор предпочтительнее одной опоры, закрывающей большую площадь упаковки. Транспортное средство и некоторое вспомогательное оборудование, которое может защитить упаковку на практике, следует изъять из испытания, поскольку такая защита была учтена при определении условий испытания.

728.14. Следует обеспечивать вылет размера топливного бассейна на 1 ÷ 3 м за пределы всех сторон упаковки так, чтобы все стороны были охвачены ярким пламенем толщиной не менее 0,7 м и не более 3 м, принимая во внимание снижение толщины пламени при увеличении высоты над бассейном. В целом упаковки больших размеров потребуют большего вылета, так как толщина пламени будет меняться тем больше, чем больше охваченные им расстояния. Требование о полном охвате пламенем может быть интерпретировано, как необходимость для всех частей упаковки оставаться невидимыми в течение 30 минут испытаний, или, по крайней мере, в течение большей части этого времени. Это может быть достигнуто наилучшим образом путем охвата толстым пламенем, которое может естественным образом менять свою толщину, не становясь при этом прозрачным. Также требуется низкая скорость ветра (постоянные спокойные условия внешней среды) для обеспечения устойчивого охвата пламенем, хотя большие пожары сами могут инициировать значительные локальные скорости ветра. Стабилизировать пламя могут помочь защитные ширмы или экраны, однако следует следить за тем, чтобы не допустить изменения характера пламени и избежать отражения или прямого излучения с поверхности. Это увеличило бы приток тепла к упаковке, и таким образом, не сделав испытание недействительным, ужесточило бы его условия больше, чем это необходимо.

728.15. Не следует откладывать проведение испытания при скоростях ветра менее 2 м/с. Короткие порывы ветра высокой интенсивности также не могут существенно повлиять на упаковки с высокой теплоемкостью, особенно, если охват пламенем устойчиво поддерживается. Испытания на открытом воздухе следует проводить только в том случае, если дождь, град или снег не возникнут до окончания охлаждения образца после теплового воздействия. Упаковку следует расположить наименьшими размерами по вертикали для обеспечения лучшего охвата пламенем, если другая ее ориентация не приводит к большему притоку тепла или большему повреждению; в этом случае следует выбрать именно это положение.

728.16. Топливо для испытания должно содержать дистиллят нефти с конечной точкой дистилляции максимум 330°C и температурой вспышки в открытой чашке минимум 46°C, с высокой теплотворной способностью между 46 и 49 МДж/кг. Эти условия, в основном, соответствуют углеводороду, полученному из нефти с плотностью менее, чем 820 кг/м^3, то есть керосину и топливу типа JP4. Малые количества более летучего топлива могут быть использованы для поджога бассейна, так как это будет иметь незначительное влияние на общий подвод тепла.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

728.17. Выбор измерительной техники будет диктоваться тем, как будут использоваться полученные данные, полученные из практического теплового испытания. Если испытание обеспечивает данные для расчетов с целью демонстрации соответствия Правилам, некоторые измерения очень важны. Тип и расположение измерительных приборов зависит от необходимых данных, например, могут понадобиться измерения внутреннего давления и температуры, и, если предполагается возникновение значительных напряжений, следует установить датчики напряжений. Во всех случаях следует обеспечить защиту кабелей, передающих сигналы через пламя, чтобы избежать посторонних электрических напряжений, создаваемых при высоких температурах. В качестве альтернативы непрерывным измерениям, упаковка может быть оборудована таким образом, чтобы приборы могли быть подсоединены вскоре после окончания горения, но достаточно рано, чтобы зафиксировать максимальные значения давления и температуры. Измерение утечки может быть обеспечено предварительной опрессовкой и повторными измерениями после теплового испытания, с обеспечением, при необходимости, соответствующих поправок на температуру (см. пункты 656.5-656-24).

728.18. Продолжительность испытания, может регулироваться путем измеряемой подачи топлива, рассчитанной таким образом, чтобы обеспечить требуемые 30 минут, отключением подачи топлива в определенное заранее время, путем откачивания топлива из бассейна в конце испытания, или путем осторожного гашения пламени без воздействия реагентами на поверхность упаковки. Продолжительность испытания – это время между достижением хорошего охвата пламенем и требуемой температуры пламени и временем, когда эти условия перестают выполняться.

728.19. Измерения следует продолжать после горения, по крайней мере, до тех пор, пока внутренние температуры и давления не начнут падать. В случае возникновения в этот период дождя или других осадков, следует использовать временное укрытие для защиты упаковки и для того, чтобы предотвратить нежелательное угасание материалов упаковки, однако, следует следить за тем, чтобы не ограничивать теплоотдачу от упаковки.

728.20. Когда испытания обеспечивают данными для аналитических оценок упаковки, измерения, полученные в ходе испытания, следует откорректировать для нестандартных начальных условий температуры окружающей среды, инсоляции, внутреннего тепловыделения, давления и т.д. Следует оценивать влияние частичной загрузки, то есть неполного

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

количества содержимого в упаковке на изменение теплоемкости и теплопередачи.

728.21. Испытания с нагревом в печи часто более удобны, чем открытые испытания при горении бассейна. Другими возможными внешними условиями испытаний могут быть горение в колодезном горне и использование системы горелок на открытом воздухе, работающих на сжиженном нефтяном газе [31]. Любое из этих испытаний является приемлемым, при условии, что оно удовлетворяет требованиям пункта 728. Методы проверки требуемого подвода тепла и обоснования тепловых условий окружающей среды можно найти в литературе [32–34].

728.22. Требование о том, чтобы увеличение внутренней температуры было не менее, чем предсказанное увеличение при пламени с температурой 800°C, гарантирует, что имеет место удовлетворительный подвод тепла. Однако, испытание следует продолжать по крайней мере 30 минут, в течение которых усредненная по времени температура должна быть по крайней мере 800°C. Источник с высокой излучательной способностью следует обеспечивать, выбирая печь либо с внутренней поверхностью, значительно превышающей огибающую поверхность упаковки, либо с высокой излучающей способностью внутренней поверхности (0,9 или выше). Многие печи не способны воспроизвести либо требуемую излучательную способность, либо поступление конвективного тепла, соответствующие горению бассейна, для компенсации этого может потребоваться увеличение продолжительности испытаний. В качестве альтернативы может быть использована более высокая температура печи, но продолжительность испытания следует обеспечить, как минимум 30 минут. Следует измерять температуру стен печи в нескольких местах, чтобы показать, что средняя температура не менее 800°C. Печь может быть предварительно прогрета в течение достаточного времени, чтобы достигнуть теплового равновесия, предотвращая тем самым значительное падение температуры при внесении упаковки. Минимальную продолжительность испытания следует обеспечить на уровне 30 минут, чтобы средняя во времени температура окружающей среды была, по крайней мере, 800°C.

728.23. Расчет теплопередачи или определение физических и химических изменений полномасштабной упаковки, основанные на экстраполяции результатов теплового испытания масштабной модели, могут быть невозможными без большого количества других испытаний. Программа моделирования каждого процесса отдельно в широком диапазоне

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

потребует всестороннего исследования с помощью теоретической модели, таким образом, метод по существу имеет небольшие преимущества перед обычным аналитическим методом. Любое масштабное испытание и интерпретация полученных результатов требуют демонстрации технической достоверности. Однако, может быть полезно использование полномасштабных моделей частей упаковки, если расчет для элемента (такого, как оребренная поверхность) оказывается затруднен. Например, эффективность тепловой защиты или амортизатора, выполняющего эту роль, может быть легко продемонстрирована путем испытания этого компонента с относительно простым телом под ним. Моделирование элементов является весьма важным для валидации компьютерных моделей. Однако измерения температуры пламени и излучательной способности пламени и поверхности весьма трудны и могут не обеспечить достаточно точных данных для расчетов с целью валидации. Выбор размера элемента и соответствующей изоляции следует проводить таким образом, чтобы входящий тепловой поток от искусственных границ (то есть, границ, которые представляют остальную часть упаковки) был незначительным.

728.24. Тепловое испытание уменьшенных моделей, удовлетворяющее определенным условиям теплового испытания, может проводиться и давать консервативные результаты для температур, при условии, что отсутствуют фундаментальные изменения в тепловом поведении компонентов.

728.25. Наиболее общим методом оценки упаковок для тепловых испытаний является расчет. Универсальные компьютерные программы для расчета теплопередачи для такого моделирования упаковок доступны, однако, следует удостовериться в том, что средства, которыми располагает программа, в частности, для моделирования теплопередачи излучением от окружающей среды к внешней поверхности, являются адекватными геометрии упаковки. В конечном счете, для валидации могут потребоваться практические испытания, но часто используются доводы, демонстрирующие, что аппроксимации или принятые допущения создают более серьезные испытания, чем требуется. В общем случае, валидация программы дополняется сравнением с аналитическими решениями и с результатами расчетов по другим программам.

728.26. В общем случае нормальные условия перевозки должны будут оцениваться с помощью расчета, так что детальное распределение температур и давлений должно стать известным. В качестве альтернативы температуры упаковки могут быть измерены экспериментально так, чтобы

после корректировки, в соответствии с температурой окружающей среды, влиянием инсоляции и тепловыделения содержимого, они обеспечивали начальные условия для рассчитанных условий теплового испытания. Корректировки на температуры окружающей среды могут быть проведены в соответствии с пунктом 651.4.

728.27. Внешние граничные условия горения следует представлять через излучение, отражение и конвекцию. Температура определена в Правилах, как среднее значение 800°C, так что, в общем случае, равномерную среднюю температуру 800°C следует использовать для источника излучения и для конвективной теплопередачи.

728.28. Предписанное значение излучательной способности пламени равно 0,9. Для ровной поверхности эта величина может быль уверенно использована, но для оребренных поверхностей тонкие языки пламени между ребрами будут иметь излучательную способность значительно ниже этого значения. Доминирующим источником излучения на оребренные поверхности будет, поэтому, пламя вне ребер, излучением от пламени во впадинах между ребрами можно пренебречь. Для всех случаев с развитой оребренной поверхностью следует использовать угловой коэффициент излучения, соответствующий геометрии, а также следует принимать во внимание отраженное излучение. Следует избегать учета излучения, «отраженного» от поверхности, представляющей пламя, так как это не типичная ситуация.

728.29. Предписанная поглощающая способность поверхности равна 0,8, если не установлено альтернативное значение. Практически весьма трудно доказать альтернативное значение, так как условия на поверхности меняются при горении, особенно за счет осаждения сажи, и данные, полученные после горения, могут быть неприемлемыми. Таким образом, для аналитических оценок наиболее приемлемым значением является 0,8. Важно принимать во внимание отраженное излучение, особенно для сложных оребренных поверхностей, так как многократное отражение повышает эффективную поглощающую способность до величины близкой к единице. Этой трудности можно избежать, предположив поглощающую способность поверхности, равную единице, но даже в этом случае не следует пренебрегать излучением от поверхности к поверхности, в частности в период охлаждения.

728.30. Следует обосновывать коэффициенты конвективной теплоотдачи при горении. Найдено, что скорости газа при горении бассейна находятся

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

в диапазоне 5 ÷ 10 м/сек [35]. Использование таких значений в корреляциях для теплообмена при вынужденной конвекции (например, соотношение Колберна, $Nu = 0{,}036\ Pr^{1/3}\ Re^{0{,}8}$, цитированное МакАдамсом [36]) приводит к значению коэффициентов конвективного теплообмена около 10 Вт/м^2·°С для больших упаковок. Коэффициенты для естественной конвекции (около 5 Вт/м^2·°С) не применимы, так как естественная конвекция предполагает наличие нисходящих потоков газа вблизи холодных стенок упаковки, в то время как на практике преобладает подъемное движение восходящих потоков за счет архимедовых сил. Верхняя поверхность упаковки маловероятна для реализации таких высоких скоростей газа при постоянных атмосферных условиях, так как там будет присутствовать область застоя в защищенном от восходящего потока газов месте. Сниженная конвекция здесь адекватно представляется средним коэффициентом, так как процесс осреднения включает этот эффект.

728.31. Коэффициенты конвективного теплообмена для периода охлаждения после испытания могут быть получены из литературы по стандартной естественной конвекции, например, МакАдамс [36]. В этом случае, могут легко применяться значения коэффициентов, подходящих для каждой поверхности. Для вертикальных плоскостей уравнение турбулентной естественной конвекции определяется как:

$$Nu = 0{,}13\ (Pr \cdot Gr)^{1/3}$$

для числа Грасгофа $>10^9$. Должны приниматься граничные условия, использованные для оценки условий нормальной эксплуатации. При проведении пост-тестовых оценок следует принимать во внимание изменения условий на поверхности и/или геометрии, являющиеся следствием действия огня, так как они могут повлиять и на конвективные, и на радиационные потери тепла. Если компоненты упаковки продолжают гореть после окончания теплового испытания, то следует принять допущение о продолжающемся потоке тепла.

728.32. Следует проанализировать правильность моделирования любой тепловой защиты, такой как ограничители ударов, испытавших воздействие в результате механических испытаний, установленных в пункте 727. Некоторые примеры таковы: изменение размеров/формы, изменение плотности материалов вследствие сжатия, отделение тепловой защиты.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

728.33. Для расчетов, выполняемых с использованием моделей конечных разностей или конечных элементов, следует использовать достаточно густую сетку или распределение элементов, чтобы правильно представить внутреннюю теплопроводность, а также внешние и внутренние граничные условия. Специальное внимание следует уделить внешним элементам, таким, как оребрение, так как температурные градиенты могут быть очень велики, и возможно потребуется выполнить отдельные детальные расчеты, чтобы определить поток тепла к основному телу. Следует рассмотреть выбор одно- двух или трехмерных моделей и принять решение относительно того, всю упаковку или отдельные ее части следует оценивать.

728.34. Внешние поверхности с низкой теплопроводностью могут вызвать колебание рассчитываемых температур. Для того, чтобы справиться с этим могут потребоваться специальные методики (например, упрощение граничных условий) или допущения (например, о том, что усредненные во времени температуры достаточно точны).

728.35. В целом, теплопроводность и излучение могут моделироваться явно, а внешняя конвекция привносит с собой несколько проблем для универсальных компьютерных программ, и могут потребоваться экспериментальные свидетельства, чтобы поддержать допущения по моделированию и основные данные, использованные для представления внутренней конвекции и излучения. Отражение излучения будет важно для упаковок, заполненных газом, и недостаточные знания относительно термоэмиссионной способности могут ограничить конечную точность расчетов. Чтобы продемонстрировать адекватность принятых допущений и обеспечить консервативные (то есть, максимальные) пределы рассчитываемых температур, может быть использован анализ чувствительности с использованием различных значений термоэмиссионной способности.

728.36. Внутренняя конвекция будет важной для упаковок, заполненных водой, и может быть значительной для упаковок, заполненных газом. Этот процесс трудно поддается предсказанию, если нет экспериментальных данных для обоснования допущений, сделанных при моделировании. Там, где для воды обеспечены пути циркуляции, внутреннее рассеяние тепла будет быстрым по сравнению с другими постоянными времени, и могут быть сделаны упрощающие допущения (например, вода может моделироваться искусственными материалами с высокой теплопроводностью). Следует обратить внимание на те области,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

где отсутствует циркуляция воды (области застоя), так как из-за реально низкой теплопроводности воды в этих местах могут быть высокие температуры.

728.37. Газовые зазоры и контактные сопротивления могут меняться в зависимости от меняющегося расширения элементов, и не всегда ясно, приведет ли данное допущение к высоким температурам, или к низким. Например, высокое сопротивление газового зазора будет препятствовать потоку тепла, снижая температуры внутри, но увеличивая другие температуры, вследствие снижения эффективной теплоемкости. В таких случаях расчеты, основанные на двух крайних допущениях, могут привести к доказательству, что оба условия являются приемлемыми, откуда косвенно следует, что все вариации между ними также приемлемы. Зазоры и контактные сопротивления в испытываемом образце должны соответствовать будущей продукции. Уплотнения редко представляются в явном виде, но локальные температуры могут быть использованы, как близкая аппроксимация температуры уплотнения.

728.38. Расчет переходного процесса теплового испытания должен включать начальные условия, 30 минут под воздействием внешних условий горения и период охлаждения, продолжающийся до тех пор, пока все температуры продолжают снижаться во времени. Следует дополнительно выполнить расчеты, возможно, с другим распределением расчетной сетки, чтобы проверить правильность расчетной модели и оценить неопределенности, связанные допущениями, принятыми при моделировании.

728.39. Для подтверждения того, что упаковка имеет необходимую прочность и приемлемые скорости утечки, будут использоваться результаты анализа. Важным шагом является определение давлений по рассчитанным температурам, особенно для упаковки, которая содержит улетучивающиеся материалы, такие как вода или UF_6. Для таких элементов, как свинцовая защита, часто не допускается плавление, так как результирующее состояние не будет поддаваться точной оценке и таким образом оценка защиты будет невозможной. Для гарантии того, что не будет плавления или других видов нарушений в течение всей процедуры, следует исследовать температуры компонентов, если это необходимо в связи с наличием отдельных горячих мест. Должны быть осознаны неопределенности модели, данных (допуски при изготовлении) и ограничения компьютерных программ, и для этих неопределенностей должны быть сделаны допущения.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

728.40. На температуры и давления в установившемся состоянии после испытательного воздействия могут влиять необратимые изменения при тепловом испытании (возможно вследствие защитных мер, таких как применение расширяющихся покрытий или вследствие плавления и последующего перемещения свинца внутри упаковки). Такие эффекты следует оценивать.

729.1. В результате транспортных аварий на реке, озере или в море, либо вблизи них, упаковка может быть подвергнута воздействию внешнего давления при погружении в воду. Чтобы имитировать эквивалентное повреждение от этого маловероятного события, Правила требуют, чтобы упаковочный комплект мог противостоять внешнему давлению, эквивалентному погружению на разумную глубину. Инженерные оценки показывают, что глубина воды рядом с большинством крупных мостов, дорог или портов будет меньше, чем 15 м. Соответственно глубина 15 м была принята в качестве глубины погружения для упаковок (следует заметить, что упаковка, содержащая большие количества облученного ядерного топлива должна быть способна противостоять большим глубинам (см. пункт 730). Хотя возможно погружение упаковки на глубину большую, чем 15 м, эта величина была выбрана, чтобы охватить эквивалентное повреждение при большинстве транспортных аварий. К тому же потенциальные последствия от значительного выхода радиоактивности будут больше вблизи берега или на мелководье. Восьмичасовой период является достаточным для установления стационарного состояния упаковки после воздействий, зависящих от скорости погружения (например, от затопления ее внешних компонентов).

729.2. Тест на погружение может быть проведен путем погружения упаковки под воду, путем испытания внешним давлением не менее 150 кПа, путем испытания на давление критических элементов в сочетании с расчетами или путем расчетного анализа всей упаковки. Целая упаковка может не подвергаться испытанию давлением. Обоснование допущений модели относительно реакции критических элементов следует включать в оценку.

Усиленное испытание погружением в воду упаковок типа B(U) и типа B(M), содержащих более 10^5 A_2 и упаковок типа C

730.1. См. пункты 657.1–657.8, 729.1 и 729.2.

730.2. Испытание на погружение в воду может быть проведено путем погружения упаковки под воду, путем испытания на давление не менее 2

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

МПа, путем испытания на давление критических компонентов в сочетании с расчетами или путем расчетного анализа для всей упаковки.

730.3. Если приняты расчетные методы, то следует иметь в виду, что используемые методы обычно направлены на определение материала, свойств и геометрии которые в результате дадут конструкцию, способную противостоять требуемым нагрузкам от давления без какого либо повреждения. В случае испытания с погружением на глубину 200 м в течение не менее 1 часа, допускается некоторая степень изгиба, потеря устойчивости или деформации, при условии, что конечные условия соответствуют пункту 657.

730.4. Вся упаковка не обязана подвергаться испытанию давлением. Такие критические компоненты, как область крышки, могут быть подвергнуты испытанию внешним избыточным давлением не менее 2 МПа, а устойчивость конструкции может быть оценена путем расчета.

Испытание на водонепроницаемость упаковок, содержащих делящийся материал

732.1. Это испытание требуется потому, что натекание воды внутрь может иметь значительное влияние на допустимое содержание делящихся материалов в упаковке. Последовательность испытаний выбирается так, чтобы обеспечить условия свободного поступления воды в упаковку вместе с повреждениями, которые могут привести к перегруппированию делящегося содержимого.

733.1. Испытание на погружение в воду предназначено для обеспечения консервативности оценок критичности. Последовательность испытаний перед погружением имитирует аварийные условия, в которые упаковка могла бы попасть рядом с водой или на водном транспорте. Образец погружается в воду на глубину не менее 0.9 м на период времени не менее восьми часов.

Испытания упаковок типа С

734.1. Правила не требуют подвергать один и тот же образец всем предписанным испытаниям, потому что ни одна из реальных аварий не включает в себя все наихудшие условия испытаний. Вместо этого Правила требуют, чтобы испытания были проведены в такой последовательности, чтобы сконцентрировать повреждения в логической

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

последовательности, типичной для тяжелой аварии, см. IAEA-TECDOC-702 [37].

734.2. Различные образцы могут быть подвергнуты последовательности испытаний. Также критерии оценки для испытания с погружением, описанного в пункте 730, отличны от критериев для других испытаний. После завершения каждой последовательности испытаний должна быть проведена оценка упаковки относительно защиты и целостности системы герметизации.

735.1. Важно возможное появление проколов и разрывов. Однако, окружающая среда плохо поддается количественному и качественному описанию [38, 39]. Повреждение от прокола может быть вызвано частями рамы самолета или грузом. Прокол на земле возможен, но рассматривается как менее важный.

735.2. Последствием прокола может быть утечка из системы герметизации упаковки, но это событие очень мало вероятно. Более серьезная проблема состоит в повреждении теплоизолирующей способности упаковки, что приведет к неудовлетворительному функционированию в случае возникновения возгорания после удара упаковки.

735.3. Подготовка испытания требует определения длины, диаметра и массы штыря, недеформируемой мишени и скорости удара. Одной из возможностей определения штыря было обращение к компонентам самолета. Предусматривалось использование двутавровой балки в некоторых испытаниях или предложениях по испытаниям, однако, предпочли применять штырь более простой геометрической формы, а именно прямой круговой конус. Полагается, что именно эта форма причинит наибольшее повреждение. Высота падения или расстояние перемещения испытательного штыря в диапазоне нескольких метров является представительной для разрушения конструкций или подскакивания внутри самолета.

735.4. Разрушения в двигателях могут вызвать образование большого количества свободных фрагментов со скоростями, которые заслуживают рассмотрения. Потеря самолета является только одним из многих последствий разлета фрагментов, которые могут обладать достаточной энергией (вплоть до 105 Дж). Однако, вероятность повреждения упаковки фрагментом в специальных исследованиях [37, 40, 41] была оценена, как низкая; вероятность проникновения, хотя она и не оценивалась, будет

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

вероятно еще ниже. Таким образом, на основе вероятностных оценок было принято, что необязательно предусматривать испытание, охватывающее, повреждение от фрагмента двигателя.

735.5. В пункте 735(a) не определены общая длина проникающего штыря и детали его конструкции вне усеченного конуса, однако следует подтвердить, что выполняются требования относительно массы. В соответствии с требованиями пункта 735(b), следует обеспечить достаточную длину и массу проникающего объекта для его проникновения через поглощающие энергию теплоизоляционные материалы, которые окружают внутренний сосуд системы герметизации, а также – достаточную твердость, чтобы обеспечить проникающее усилие без собственного разрушения и смятия штыря. В обоих случаях центры тяжести образца и упаковочного комплекта следует выравнивать, чтобы избежать непроникающего отклонения [42].

735.6. Для дополнительной информации мм. также пункт 727.

736.1. Длительность испытания на пожар для квалификации условий воздушной аварии была установлена в 60 мин. На основе статистических данных о пожарах был сделан вывод, что длительность пожара 60 мин охватывает с избытком самые серьезные условия пожаров, в которых может оказаться упаковка в случае воздушной аварии. Статистика длительности пожаров часто определяется влиянием длительности горения наземных конструкций и на характеристиках, которые не имеют отношения к воздушной аварии, также как на расположении грузов, вовлеченных в аварию. Чтобы учесть этот эффект, информация о длительности пожаров тщательно оценивалась, чтобы избежать смещения в сторону пожаров, не имеющих отношения к авиации. Испытание на пожар имеет те же характеристики, что и определенные в пункте 728.

736.2. При определении требований к испытанию на пожар было оценено значение шаровых молний в качестве серьезных аварийных внешних условий. Исследования показали, что «шаровые молнии» короткой длительности и высокой температуры обычно имеют место на ранних этапах авиационных пожаров и обычно сопровождаются наземными пожарами [43, 44]. Поступление в упаковку тепла от шаровой молнии незначительно по сравнению с поступлением тепла в условиях усиленного теплового испытания. Таким образом, не требуется никаких испытаний для оценки влияния шаровой молнии на «выживание» упаковки.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

736.3. Присутствие в самолете определенных материалов, таких как магний, может быть причиной интенсивных пожаров. Тем не менее, это не считается серьезной угрозой для упаковок вследствие небольших количеств таких материалов, и локальной природы таких пожаров. Аналогично, алюминий в больших количествах присутствует в форме панелей фюзеляжа. Эти панели расплавляются в течение нескольких минут. Было принято, что сильное увеличение тепловых нагрузок на упаковку от горения алюминия маловероятно.

736.4. Это испытание не является последовательным с испытанием на столкновение со скоростью 90 м/с, которое описано в пункте 737. В тяжелых авариях, не предполагается одновременное воздействие высоких скоростей и длительных пожаров, поскольку высокие скорости приводят к рассеянию не поглощаемого топлива и к обширным пожарам с менее тяжелыми последствиями. Упаковка типа С должна быть подвергнута расширенной последовательности испытаний, состоящей из испытаний на удар и раздавливание для упаковок типа B(U)/типа B(M) (пункты 727(a) и (c)), за которыми следуют испытание на прокол/разрыв (пункт 735) и завершающего усиленного теплового испытания (пункт 736). Считается, что суммарная комбинация таких испытаний обеспечит защиту упаковки в условиях серьезных воздушных аварий, которые могут включать как удар так и пожар.

736.5. Следует учитывать плавление, горение и другие способы потери теплоизоляционных или конструкционных материалов, от которых зависит эффективность изоляции, при более длительном пожаре по сравнению с упаковками типа B(U) и типа B(M).

736.6. Дополнительный материал, см. также в пункте 728.

737.1. При определении условий испытания, основной целью было определить комбинацию скоростей, перпендикулярных к недеформируемой мишени, которая обеспечит условия повреждения образца, эквивалентные тем, которые можно ожидать в воздушной аварии при реальных скоростях, на реальных поверхностях и при произвольных углах. Были рассмотрены вероятностные распределения переменных параметров при аварии, так же как и положения образца, которое является наиболее чувствительным параметром для повреждения.

737.2. Данные, на которых необходимо основывать анализ аварий, были получены из отчетов с подробностями аварий, составленных

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

официальными лицами на месте аварии и лицами, связанными с последующими расследованиями. Некоторые данные основаны на реальных измерениях. Другие данные выведены путем анализа данных и предположений, основанных на представлении о том, как авария вероятно развивалась. Каждый отчет об аварии должен быть оценен и преобразован в некоторые основные характеристики, такие как, скорость столкновения, характер ударяющейся массы, угол удара, природа ударяемой поверхности, и тому подобное. Часто необходимо получить другие параметры аварии для перекрестной проверки информации.

737.3. Основные данные, которые могут поступить из отчета об аварии, полезны, но не содержат информации о характере аварии и условиях окружающей среды, которым, вероятно, подвергался груз, вовлеченный в аварию. Например, повреждения транспортного средства и груза могут сильно отличаться в зависимости от того, было ли это столкновение с небольшим автомобилем, мягкой насыпью или опорой моста. Чтобы учесть такие воздействия, выполняется анализ, который переводит фактическую скорость удара в эффективную скорость лобового столкновения о поверхность, которая не поглощает энергии удара. Такая поверхность называется недеформируемой. Таким образом, вся имеющаяся энергия переходит в энергию деформации транспортного средства и груза упаковок с радиоактивными материалами. Так как наибольший интерес представляет груз, разумно допустить, что транспортное средство не поглощает энергию. Такое предположение приводит к консервативному анализу.

737.4. Полагая, что груз ударяется со скоростью транспортного средства, при переходе к эффективной скорости столкновения о недеформируемую поверхность получаем эффективную скорость столкновения, которая ниже по сравнению с реальной скоростью воздействия и зависит от относительной прочности груза по сравнению с прочностью реальной поверхности столкновения. В случае «жесткой» упаковки и «мягкой» мишени (например, контейнер с отработавшим топливом и вода) отношение фактической скорости воздействия к эффективной может изменяться в диапазоне от 7 до 9. При одинаковых жесткостях упаковки и поверхности отношение может быть 2 или более. Для бетонных дорог и взлетных полос, отношение скоростей может колебаться от 1,1. до 1,4. Имеется очень мало поверхностей, для которых отношение было бы равно 1 [37].

737.5. Преобразование основных данных, содержащихся в отчете об аварии, в эффективную скорость столкновения выполняется, чтобы представить условия аварии с ударом в стандартный формат, в котором

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

теряется вариантность аварийных сценариев, но в то же время сохраняются усилия воздействия на груз. Повторение этого процесса для всех важных авиационных аварий создает статистическую основу для выбора эффективной скорости столкновения о жесткую мишень [42–44].

737.6. Для конструкций упаковок, которые допускают выход радиоактивного материала не более чем A_2 в неделю при проведении испытаний, можно предположить выход всего их содержимого при чуть более тяжелых условиях. Тем не менее, такие возможности не рассматриваются. Напротив, ожидается, что упаковка, сконструированная в соответствии с Правилами, ограничит выход радиоактивности приемлемым уровнем, если внешние условия аварии не будут значительно выше условий, предусмотренных нормами, и затем допустит только постепенное повышение выхода радиоактивности по мере того, как внешние условия будут существенно превышать уровни условий испытаний. Это значит, что упаковки должны «умирать элегантно». Такое поведение является результатом следующих факторов:

(1) Коэффициентов безопасности, заложенных в конструкции упаковок;
(2) Способностей материалов, использованных в упаковках для достижения специфических целей, таких, например, как защита, смягчение нагрузок, если эти способности явно не учитывались при анализе конструкции;
(3) Способности материалов противостоять нагрузкам, значительно превышающим предел упругости;
(4) Нежелания конструкторов использовать, а компетентных органов утверждать материалы, которые имеют крутые пороги разрушения, в результате плавления или перелома в условиях вероятных при перевозке.

737.7. Хотя предполагается, что все эти особенности конструкции хорошей упаковки обеспечат желаемое свойство элегантного выхода из строя, также верно и то, что имеются лишь очень ограниченные данные об испытаниях упаковок до разрушения, чтобы увидеть, как увеличивается выход с ужесточением условий аварии. Имеющиеся ограниченные данные проведенных экспериментов и расчетных анализов поддерживают концепцию элегантного выхода из строя (умирания) [44–46].

737.8. Скорость столкновения при испытании была получена из изучения частотного распределения кумулятивной вероятности частотного

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

распределени [37, 47–49]. Анализ условий большинства аварий показывает что, с ужесточением условий столкновения количество событий резко возрастает до максимума, падая затем до нуля, по мере того, как достигаются физические пределы, такие как максимальная скорость транспортного средства. Построение этих данных в виде кумулятивной кривой, то есть, процента событий с тяжестью менее чем заданная величина, дает кривую, которая сначала растет быстро затем очень медленно после того, как достигается «колено» кривой. Если данные построить в формате, который показывает вероятность превышения заданной скорости удара, редкость тяжелых аварий проявляет себя в виде четкого перегиба или «колена» кривой. Эта область кривой интересна, поскольку она показывает, где повышенные уровни защиты созданные в упаковке, начинают снижать свое влияние на вероятность разрушения. Кроме того, область слева от «колена» покрывает приблизительно 95% всех аварий. Колено кривой имеет место при значении скорости приблизительно 90 м/с. Эта величина была выбрана в качестве стандартного элемента испытания на столкновение.

737.9. Требование, чтобы конструкция упаковки обеспечивала защиту при нормальной скорости много больше, чем в районе колена, обычно означает более массивную, более сложную и более дорогую конструкцию, которая даст небольшое увеличение защиты населения. Кроме того, конструкция, преодолевающая удар при скорости в области «колена» кривой, выдержит и много других аварий со скоростями выше, чем в области «колена», вследствие консерватизма, заложенного в конструкцию упаковки, консерватизма в анализе данных аварий, и в преобразовании этих данных в эффективную скорость воздействия на недеформируемую мишень. Другими словами маловероятно, что полное катастрофическое разрушение системы герметизации будет иметь место даже в экстремальной части кривой.

737.10. Необходимость испытания упаковки при конечной скорости (скорости падения с конечной высоты) обсуждалась в контексте испытания на столкновение, однако полагается, что удар упаковки при конечной скорости учтен испытанием на столкновение при скорости 90 м/с. Целью условий воздействия на упаковку при конечной скорости является демонстрация способности упаковки обеспечить защиту даже в случае, если упаковка будет выброшена из самолета на высоте полета. Такая ситуация могла бы возникнуть вследствие столкновения в воздухе или вследствие разрушения конструкций самолета в полете. Тем не менее, отмечается, что требования к упаковке Типа С уже включают испытание

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

на столкновение при скорости 90 м/с. Это испытание демонстрирует сохранение упаковки даже для сценариев аварий «груз за бортом».

737.11. Не смотря на то, что скорость свободного падения упаковки может превысить 90 м/с, маловероятно, что удар о поверхность в этом случае будет таким же тяжелым, как и в случае столкновения с жесткой поверхностью, предусмотренной в испытании на столкновение. Также отмечается, что вероятность воздушных аварий любого типа низка, а процент аварий, включающих столкновение в воздухе или разрушение самолета в воздухе, очень мал. Если такая авария произойдет с самолетом, перевозящим упаковку типа С, повреждение упаковки может быть уменьшено, если при падении она останется прикрепленной к обломкам самолета, что приведет к снижению скорости соударения упаковки.

737.12. Обеспечение условий для столкновения упаковки с недеформируемой поверхностью со скоростью 90 м/с весьма сложно для качественного выполнения. Данная скорость соответствует скорости свободного падения с высоты 420 м, если не принимать во внимание сопротивление воздуха. Это означает что, для обеспечения столкновения с поверхностью в нужном месте и в нужном положении, обычно будут нужны специальные направляющие тросы. Направляемое свободное падение означает, что нужно учитывать трение даже для увеличения высоты отрыва, чтобы обеспечить нужную скорость столкновения. Могут также применяться другие методы, использующие другие источники энергии для достижения нужной скорости и ориентации упаковки. Такие методы включают ракетные салазки и тросовые установки с тягой вниз.

737.13. Дополнительная полезная информация приведена в пунктах 701.1–701.24 и 727.6–727.17.

737.14. Для упаковки, содержащей делящийся материал в количествах, не освобожденных положениями пункта 672, термин «максимальное разрушение» должен означать поврежденное состояние, которое приводит к максимальному коэффициенту размножения нейтронов.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ VII

[1] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Sealed Radioactive Sources — Classification, Rep. ISO 2919-1980(E), ISO, Geneva (1980).

[2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Radiation Protection — Sealed Radioactive Sources — Leakage Test Methods, Rep. ISO 9978, ISO, Geneva (1992).

[3] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, American National Standard for Leakage Tests on Packages for Shipment of Radioactive Material, ANSI N14.5-1977, ANSI, New York (1977).

[4] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Safe Transport of Radioactive Material — Leakage Testing of Packages, Rep. ISO 12807:1996(E), first edition 1996.09.15, ISO, Geneva (1996).

[5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Radioactive Materials — Packaging — Test for Contents Leakage and Radiation Leakage, Rep. ISO 2855-1976(E), ISO, Geneva (1976).

[6] DROSTE, B., et al., "Evaluation of safety of casks impacting different types of targets", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 98 (Proc. Symp. Paris, 1998), Institut de Protection et de Surete Nucleaire (IPSN), Paris (1998).

[7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Transport Packaging for Radioactive Materials (Proc. Sem. Vienna, 1976), IAEA, Vienna (1976).

[8] Packaging and Transportation of Radioactive Materials (PATRAM), Proc. Symp. Albuquerque, 1965: Sandia Laboratories, Albuquerque, NM (1965); Gatlinburg, 1968: United States Atomic Energy Commission, Oak Ridge, TN (1968); Richland, 1971: United States Atomic Energy Commission, Oak Ridge, TN (1971); Miami Beach, 1974: Union Carbide Corp., Nuclear Div., Oak Ridge, TN (1975); Las Vegas, 1978: Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1978); Berlin (West), 1980: Bundesanstalt fur Materialprufung, Berlin (1980); New Orleans, 1983: Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1983); Davos, 1986: International Atomic Energy Agency, Vienna (1987).

[9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Packaging of Uranium Hexafluoride (UF6) for Transport, Rep. ISO 7195:1993(E), ISO, Geneva (1993).

[10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Directory of Transport Packaging Test Facilities, IAEA-TECDOC-295, IAEA, Vienna (1983).

[11] Directory of Test Facilities for Radioactive Materials Transport Packages, Special Issue, Int. J. Radioact. Mater. Transp. 2 4–5 (1991).

[12] UNITED NATIONS, Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, 9th Revised Edition, ST/SG/AC.10/1/Rev.9, UN, New York and Geneva (1995). Издание документа на русском языке см. в Литературе к Разделу II.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[13] CLARKE, R.K., FOLEY, J.T., HARTMAN, W.F., LARSON, D.W., Severities of Transportation Accidents, Rep. SLA-74-0001, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1976).

[14] DENNIS, A.W., FOLEY, J.T., HARTMAN, W.F., LARSON, D.W., Severities of Transportation Accidents Involving Large Packages, Rep. SLA-77-0001, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1978).

[15] McCLURE, J.D., An Analysis of the Qualification Criteria for Small Radioactive Material Shipping Packages, Rep. SAND-76-0708, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1977).

[16] McCLURE, J.D., et al., "Relative response of Type B packagings to regulatory and other impact test environments", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 80 (Proc. Symp. Berlin, 1980), Bundesanstalt fur Materialprufung, Berlin (1980).

[17] BLYTHE, R.A., MILES, J.C., HOLT, P.J., "A study of the influence of target material on impact damage", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 83 (Proc. Symp. New Orleans, 1983), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1983).

[18] GABLIN, K.A., "Non-shielded transport package impact response to unyielding and semi-yielding surfaces", там же.

[19] HUBNER, H.W., MASSLOWSKI, J.P., "Interactions between crush conditions and fire resistance for Type B packages less than 500 kg", там же.

[20] DIGGS, J.M., LEISHER, W.B., POPE, R.B., TRUJILLO, A.A., "Testing to define the sensitivity of small Type B packagings to the proposed IAEA crush test requirement", там же.

[21] CHEVALIER, G., GILLES, P., POUARD, P., "Justification and advantages of crushing tests compared with fall tests and the modification of existing regulations", там же.

[22] COLTON, J.D., ROMANDER, C.M., Potential Crush Loading of Radioactive Material Packages in Highway, Rail and Marine Accidents, Rep. NUREG/CR-1588, SRI International, Menlo Park, CA (1980).

[23] OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, Cask Designers Guide, Rep. ORNL–NSIC–68, UC-80, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1976).

[24] DIGGS, J.M., POPE, R.B., TRUJILLO, A.A., UNCAPHER, W.L., Crush Testing of Small Type B Packagings, Rep. SAND-83-1145, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1985).

[25] McCLURE, J.D., The Probability of Spent Fuel Transportation Accidents, Rep. SAND-80-1721, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1981).

[26] WILMOT, E.L., McCLURE, J.D., LUNA, R.E., Report on a Workshop on Transportation Accident Scenarios Involving Spent Fuel, Rep. SAND-80-2012, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1981).

[27] POPE, R.B., YOSHIMURA, H.R., HAMANN, J.E., KLEIN, D.E., An Assessment of Accident Thermal Testing and Analysis Procedures for a RAM Shipping Package, ASME Paper 80-HT-38, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA (1980).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[28] JEFFERSON, R.M., McCLURE, J.D., "Regulation versus reality", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 83 (Proc. Symp. New Orleans, 1983), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1983).

[29] FRY, C.J., "The use of CFD for modelling pool fires", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 92 (Proc. Symp. Yokohama City, 1992), Science & Technology Agency, Tokyo (1992).

[30] FRY, C. J., "An experimental examination of the IAEA fire test parameters", там же.

[31] WIESER, G., DROSTE. B., "Thermal test requirements and their verification by different test methods", там же.

[32] BAINBRIDGE, B.L., KELTNER, N.R., Heat transfer to large objects in large pool fires, J. Hazard. Mater. **20** (1988) 21–40.

[33] KELTNER, N.R., MOYA, J.L., Defining the thermal environment in fire tests, Fire and Materials **14** (1989) 133–138.

[34] BURGESS, M., FRY, C.J., Fire testing for package approval, Int. J. Radioact. Mater. Transp. 1 (1990).

[35] McCAFFERY, B.J., Purely Buoyant Diffusion Flames — Some Experimental Results, Rep. PB80-112 113, US National Bureau of Standards, Washington, DC (1979).

[36] McADAMS, W.H., Heat Transmission, McGraw-Hill, New York (1954).

[37] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Air Transport of Radioactive Material in Large Quantities or with High Activity, IAEA-TECDOC-702, IAEA, Vienna (1993).

[38] McSWEENEY, T.I., JOHNSON, J.F., An Assessment of the Risk of Transporting Plutonium Dioxide by Cargo Aircraft", BNWL-2-30 UC-71, Battelle Pacific Northwest Laboratory, Richland, WA (1977).

[39] McCLURE, J.D., VON RIESEMANN, W.A., Crush Environment for Small Containers Carried on US Commercial Jet Aircraft, Report letter, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1976).

[40] BROWN, M.L., et al., Specification of Test Criteria for Containers to be Used in the Air Transport of Plutonium, Safety & Reliability Directorate, UKAEA, London (1980).

[41] HARTMAN,W.F., et al., "An analysis of the engine fragment threat and the crush environment for small packages carried on US commercial jet aircraft", Packaging and Transport of Radioactive Materials, PATRAM 78 (Proc. Symp. New Orleans, 1978), Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1978).

[42] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Qualification Criteria to Certify a Package for Air Transport of Plutonium, Rep. NUREG/0360, USNRC, Washington, DC (1978).

[43] WILKINSON, H.L., "A study of severe aircraft crash environments with particular reference to the carriage of radioactive material", SARSS 89 (Proc. Symp. Bath, UK, 1989), Elsevier, Amsterdam and New York (1989).

[44] BONSON, L.L., Final Report on Special Impact Tests of Plutonium Shipping Containers: Description of Test Results, Rep. SAND-76-0437, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1977).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[45] McWHIRTER, M., et al., Final Report on Special Tests of Plutonium Oxide Shipping Containers to FAA Flight Recorder Survivability Standards, Rep. SAND-75-0446, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1975).

[46] STRAVASNIK, L.F., Special Tests for Plutonium Shipping Containers 6M, SP5795 and L-10, Development Rep. SC-DR-72059, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1972).

[47] BROWN, M.L., EDWARDS, A.R., HALL, S.F., et al., Specification of Test Criteria for Containers to be Used in the Air Transport of Plutonium, Rep. EUR 6994 EN, CEC, Brussels and Luxembourg (1980).

[48] McCLURE, J.D., LUNA, R.E., "An Analysis of Severe Air Transport Accidents", Packaging and Transportation of Radioactive Material, PATRAM 89 (Proc. Symp. Washington, DC, 1989), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1989).

[49] DEVILLERS, C., et al., "A Regulatory Approach to the Safe Transport of Plutonium by Air", там же.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Раздел VIII

УТВЕРЖДЕНИЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

801.1. Правила разграничивают случаи, когда перевозка может осуществляться без утверждения конструкции упаковки компетентным органом, и когда такое утверждение требуется. В обоих случаях в Правилах основная ответственность за соблюдение требований возлагается на грузоотправителя и перевозчика. Грузоотправителю следует обеспечить документацию, демонстрирующую компетентному органу, например, расчетами или отчетами об испытаниях, что конструкция упаковки удовлетворяет требованиям Правил.

801.2. В состав «соответствующих компетентных органов» могут входить компетентные органы стран, расположенных по маршруту перевозки.

802.1. См. пункты 204.1–204.4 и 205.1.

802.2. Если требуется утверждение компетентного органа, этому органу следует, по применимости, выполнить независимую оценку в отношении: радиоактивных материалов особого вида или радиоактивных материалов с низкой способностью к рассеянию; упаковок, содержащих 0,1 или более килограммов UF_6; упаковок, содержащих делящиеся материалы; упаковок типа B(U) и типа B(M); упаковок типа C; специальных условий; определенных перевозок; программ радиационной защиты для судов специального назначения; а также не указанных величин A_1 и A_2, неуказанных концентраций активности материалов, на которые распространяется изъятие, и неуказанных пределов активности грузов, на которые распространяется изъятие.

802.3. В отношении требования утверждения компетентным органом упаковок, сконструированных для делящихся материалов, отмечено, что пункт 672 освобождает определенные упаковки от действия требований, применяемых непосредственно к делящимся материалам. Однако все уместные требования, относящиеся к радиоактивным, не связанным с процессом деления, свойствам содержимого упаковки, остаются в действии.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

802.4. Отношения между компетентным органом и заявителем должны быть четко определены. Это является обязанностью заявителя «доказать правоту», продемонстрировать соблюдение соответствующих требований. Обязанностью компетентного органа является рассудить, демонстрирует ли адекватно или нет предоставленная информация такое соблюдение. Компетентному органу следует иметь возможность проверки утверждений, расчетов и оценок, сделанных заявителем, даже, если необходимо, путем выполнения независимых расчетов или испытаний. Однако, ему не следует «доказывать правоту» вместо заявителя, потому что в этом случае компетентный орган попадет в трудное положение, будучи одновременно «адвокатом» и «судьей». Тем не менее, это не запрещает компетентному органу неформально без взятия на себя обязательств консультировать заявителя по вопросам типа того, каким представляется приемлемый способ демонстрации выполнения требований.

802.5. Более детальное описание роли компетентного органа можно найти в соответствующих правилах стран или международных транспортных организаций.

802.6. Заявителю следует обратиться к компетентному органу на этапе предварительного конструирования, чтобы обсудить применение соответствующих принципов конструирования и установить как процедуру утверждения, так и действия, которые следует выполнить.

802.7. Опыт показывает, что многие заявители направляют свою первую заявку для условий конкретной и срочной потребности, которая является достаточно узкой по области распространения, а затем позднее делают несколько запросов по изменению сертификата, пытаясь расширить область его применения, чтобы использовать упаковочный комплект для других типов материала и/или перевозок. По мере возможности заявителей следует поощрять к формированию их первого запроса в виде общего случая, предваряющего и охватывающего их будущие потребности. Это заставит процедуру «заявка-утверждение» работать более эффективно. Вдобавок, в некоторых случаях обоюдную пользу будущему заявителю и компетентному органу принесет обсуждение предполагаемой заявки в общих чертах до ее официального направления в детальном виде.

802.8. Дальнейшее руководство дано в Приложении II к документу МАГАТЭ Серии изданий по безопасности № 112 [1].

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

УТВЕРЖДЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА ОСОБОГО ВИДА И РАДИОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА С НИЗКОЙ СПОСОБНОСТЬЮ К РАССЕЯНИЮ

803.1. Конструкция радиоактивных материалов особого вида должна получить одностороннее утверждение компетентного органа до перевозки, в то время, как конструкция для материалов с низкой способностью к рассеянию требует многостороннего утверждения. Пункт 803 определяет минимальный объем информации, который должен быть включен в заявку на утверждение.

804.1. Детальные рекомендации по опознавательным знакам даны в пунктах 828.1 – 828.3.

УТВЕРЖДЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УПАКОВОК

Утверждение конструкций упаковок для гексафторида урана

805.1. Утверждение упаковок, сконструированных для перевозки неделящегося и делящегося освобожденного гексафторида урана в количествах, превышающих 0,1 кг, является новым требованием, введенным в издание Правил 1996 г. Поскольку в это издание Правил введены специальные требования к конструкции и испытаниям, стало необходимым потребовать сертификацию. Так была введена новая категория для идентификации упаковок (см. пункт 828), а сертификация конструкции упаковок, требующих многостороннего утверждения, потребуется на три года раньше, чем будет сертификация односторонне утверждаемых конструкций упаковок. Этот шаг был предпринят для того, чтобы гарантировать, что те конструкции, которые не удовлетворяют всем требованиям, раньше вовлекаются в процесс сертификации.

Утверждение конструкций упаковок типа B(M)

810.1. Информация, представленная заявителем согласно пунктам 810(a) и (b) позволяет компетентному органу оценить последствия отсутствия соответствия конструкции типа B(M) требованиям к типу B(U), а также определить, достаточны ли предложенные дополнительные меры контроля для обеспечения сравнимого уровня безопасности. Дополнительные меры имеют целью скомпенсировать отсутствие тех мер безопасности, которые не могут быть внедрены в конструкцию. Через механизм

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

многостороннего утверждения конструкция упаковки типа B(M) оцениваются независимо компетентными органами всех стран, через которые или в которые такие упаковки транспортируются.

810.2. Особое внимание следует уделять констатации того, какие требования к типу B(U) из пунктов 637, 653, 654 и 657 – 664 не удовлетворяются в конструкции упаковки. Предложенные дополнительные меры эксплуатационного контроля или ограничения (т.е. иные, чем те, которые уже требуются согласно Правилам), применяемые для компенсации отсутствия соответствия вышеупомянутым требованиям, должны быть полностью определены, описаны и обоснованы. Максимальные и минимальные условия окружающей среды по температуре и инсоляции, ожидаемые в ходе перевозки, должны быть определены и обоснованы с учетом регионов или стран использования и соответствующих метеорологических данных. См. также пункты 665.1 и 665.2.

810.3. Если из упаковок типа B(M) требуется периодический сброс давления, то компетентному органу следует направить полное описание процедур и директив для согласования. Дальнейшие рекомендации можно найти в пунктах 666.1 – 666.6.

Утверждение конструкций упаковок для делящегося материала

812.1. Для всех конструкций упаковок для делящихся материалов (IF, AF, B(U)F, B(M)F и CF) многостороннее утверждение требуется главным образом из-за природы опасности возникновения критичности и вследствие важности поддержания подкритичности на всех этапах перевозки. Кроме того, регулирующие положения к конструкции упаковки для делящихся материалов оставляют полную свободу относительно методов, обычно расчетных, с помощью которых демонстрируется соответствие этим требованиям. Поэтому необходимо, чтобы компетентный орган независимо оценивал и утверждал все конструкции упаковок для делящихся материалов.

812.2. Требуется, чтобы конструкция упаковки для делящихся материалов удовлетворяла требованиям как в отношении радиоактивных, так и свойств деления содержимого упаковки. В отношении радиоактивных свойств упаковка классифицируется согласно определению упаковки в пункте 230. Если это применимо, требуется утверждение конструкции упаковки, основанное на свойствах радиоактивности, а не делимости содержимого упаковок. В дополнение к такому утверждению требуется

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

утверждение конструкции в отношении свойств деления содержимого упаковок. Освобождения в отношении требований по утверждению конструкции упаковок для делящихся материалов см. в пункте 672.

813.1. Требуется, чтобы информация, представляемая компетентному органу с заявкой на утверждение, детализировала демонстрацию соответствия каждому требованию пунктов 671 и 673 – 682. В частности, информация должна включать пункты, особо выделенные в сертификате об утверждении компетентных органов, такие как детализированы в пункте 833(m). Приемлемым является включение необходимой информации об экспериментах, расчетах или обоснованных аргументах, используемых для демонстрации подкритичности отдельной упаковки или партии упаковок. Следует направлять информацию, достаточную для того, чтобы компетентный орган мог проверить соответствие упаковки требованиям Правил.

ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕХОДНОГО ПЕРИОДА

Упаковки, для которых не требуется утверждение конструкции компетентным органом в соответствии с положениями Правил издания 1985 года и издания 1985года (исправленного в 1990 году)

815.1. После принятия Правил издания 1985 года упаковки, не требующие утверждения конструкции компетентным органом, основанные на издании Правил 1973 года и издании Правил 1973 года (исправленном), не должны были больше использоваться. Для продолжения эксплуатации таких упаковок требовалась либо проверка их конструкции на соответствие требованиям Правил издания 1985 года, или эти перевозки должны были проверяться и утверждаться компетентным органом на специальных условиях, хотя это не было в явном виде указано в Правилах.

815.2. Пункт 815 был введен в издание Правил 1996 года, чтобы позволить продолжение эксплуатации таких существующих упаковочных комплектов в определенный ограниченный период времени после публикации, в течение которого их конструкция могла быть проверена и, при необходимости, модернизирована, чтобы обеспечить полное соответствие требованиям Правил 1996 года. В тех случаях, когда такие проверки и/или модификации оказывались непрактичными, переходный период обеспечивал время для вывода из эксплуатации старых упаковок и введения в эксплуатацию новых, конструкция которых удовлетворяет

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

требованиям Правил 1996 года издания. Упаковки, подготовленные в соответствии с Правилами 1985 года и издания 1985 года (исправленного в 1990 году) в некоторых случаях находятся на хранении в течение многих лет перед дальнейшей перевозкой. Это, в частности, может касаться промышленных упаковок типа А, содержащих радиоактивные отходы и ожидающих перевозки в промежуточное или конечное хранилище. Пункт 815 позволяет перевозить такие упаковки, подготовленные в течение определенного периода времени и содержавшиеся в надлежащих условиях, в последующее время на основе соответствия требованиям Правил издания 1985 года.

815.3. Пункт 815 придает особое значение требованию применения мер обеспечения качества, соответствующих Правилам издания 1996 года, чтобы обеспечить сохранение в эксплуатации только таких упаковок, которые продолжают соответствовать первоначальному назначению конструкции или нормативным требованиям. Это может быть наилучшим образом достигнуто путем применения современных мер обеспечения качества на этапах эксплуатации упаковок после их изготовления, таких как техническое обслуживание, текущий ремонт, модернизация и использование таких упаковок.

815.4. Ссылка на Раздел IV Правил издания 1996 года включена для того, чтобы обеспечить использование самых современных радиологических данных (отражаемых параметрами A_1 и A_2) для определения содержимого упаковки и других связанных пределов. Следует отметить, что область действия мер переходного характера в Правилах распространяется только на требования к определенным упаковочным комплектам и упаковкам. Во всех других аспектах, например, в отношении общих положений, требований и контроля перевозки, включая пределы для груза и транспортного средства, а также по утверждению и административным требованиям, применяются положения Правил издания 1996 года.

815.5. Любые изменения первоначальной конструкции упаковки либо увеличение активности содержимого, либо добавление радиоактивных материалов других типов, могущие, как это определяется владельцем упаковки при консультации с ее конструктором, значительно и отрицательно повлиять на безопасность, требуют повторной оценки конструкции в соответствии с Правилами 1996 года издания. Сюда входят такие параметры, как увеличение массы содержимого, изменения крышки, изменения ограничителей удара, изменения тепловой защиты и радиационной защиты, а также изменения формы содержимого.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Упаковки, утвержденные в соответствии с Правилами изданий 1973 года, 1973 года (исправленного), 1985 года и 1985 года (исправленного 1990 году)

816.1. После принятия Правил издания 1985 года упаковки, требующие утверждения компетентного органа (упаковки типа B, типа B(U), типа B(M) и конструкции упаковок для делящихся материалов) и разработанные на основе Правил издания 1967, 1973 и издания 1973 года (исправленного), были разрешены к продолжению использования при условии введения определенных ограничений на изготовление новых упаковок, дополнительных требований по маркировке таких упаковок серийными номерами и многостороннего утверждения всех таких конструкций. Это положение, известное в разговоре как «грандфазеринг» («переходный период») было вновь введено в издание Правил 1985 года для облегчения перехода к этим Правилам. Это позволило продолжить использование упаковок до окончания конструктивного срока их эксплуатации при условии правильного содержания и использования в целях конструкции. Это обеспечило также период времени после публикации, в течение которого конструкция упаковок должна быть проверена и, при необходимости, модернизирована, чтобы обеспечить полное соответствие требованиям Правил 1985 года издания. В тех случаях, когда такая проверка и/или модификация оказывалась невозможной, переходный период обеспечивал время для вывода из эксплуатации старых упаковок и введения в эксплуатацию новых, конструкция которых удовлетворяла требованиям Правил 1985 года издания.

816.2. Ссылки на Раздел IV и пункт 680 Правил издания 1996 года включены, чтобы для определения содержимого упаковки и других связанных ограничений использовались самые последние радиологические данные (отражаемые параметрами A_1 и A_2) и требования к делящимся материалам, перевозимым по воздуху. Следует отметить, что область действия положений переходного периода в Правилах распространяется только на требования к определенным упаковочным комплектам и упаковкам. Во всех других аспектах, например, в отношении общих положений, требований и указаний по перевозкам, включая пределы для груза и транспортного средства, а также утверждения и административных требований, применяются положения Правил издания 1996 года.

816.3. В ходе разработки Правил издания 1996 года было определено, что нет необходимости в немедленном переходе на эти Правила после их принятия, но оправданы изменения, направленные на повышение безопасности перевозок в долговременном плане. Поэтому было решено допустить продолжение эксплуатации определенных упаковок,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сконструированных и утвержденных в соответствии с Правилами издания 1973 года. Продолжение эксплуатации существующих упаковочных комплектов с утвержденной конструкцией на основе Правил издания 1967 года, необходимым и оправданным признано не было.

816.4. Условием продолжения использования упаковок, утвержденных на основе требований Правил издания 1973 года и издания1973 года (исправленного), начиная с момента ввода в действие Правил издания 1996 года, является многостороннее утверждение с тем, чтобы дать возможность компетентному органу установить рамки, в пределах которых продолжение использования может быть утверждено. При этом не разрешается начинать изготовление новых упаковочных комплектов такой конструкции. Длительность этого переходного периода была определена на основе оценки времени, необходимого для внедрения Правил издания 1996 года в национальные и международные правила.

816.5. См. пункт 538.2.

816.6. В соответствии с Правилами издания 1996 года любые изменения первоначальной конструкции упаковки, либо увеличение активности содержимого, либо добавление радиоактивных материалов других типов, что, по мнению компетентного органа, могло бы привести к значительному и отрицательному влиянию на безопасность, требуют повторной оценки конструкции. Сюда входят такие параметры, как увеличение массы содержимого, изменения запорных устройств, изменения ограничителей удара, изменения тепловой защиты и защиты от излучения, а также изменения вида содержимого.

816.7. При применении пункта 816 первоначальный опознавательный знак и код типа конструкции, присвоенный компетентным органом страны происхождения конструкции, должны оставаться как на упаковках, так и в сертификатах об утверждении конструкции, несмотря на то, что эти упаковки становятся объектом многостороннего утверждения конструкции. Это значит, что упаковки, первоначально маркированные как тип B(U) или тип B(U)F, согласно Правилам издания 1973 года, не должны перемаркировываться ни на тип B(M) или тип B(M)F, ни на тип B(M)-96 или тип B(M)F-96 при применении к ним положений пункта 816. Такая мера принята для того, чтобы подобные упаковки были ясно идентифицированы, как относящиеся к условиям «грандфазеринга» («переходного периода») по положениям пункта 816, будучи первоначально утвержденными по Правилам издания 1973 года.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

817.1. См. пункты 816.1 и 816.2.

817.2. В ходе разработки Правил 1996 г. издания было определено, что нет необходимости в немедленном переходе на эти Правила после их принятия, но оправданы изменения, направленные на повышение безопасности перевозок в долговременном плане. Поэтому было также решено допустить продолжение эксплуатации определенных упаковок, сконструированных и утвержденных в соответствии с Правилами издания 1985 года.

817.3. Условием продолжения эксплуатации упаковок, утвержденных на основе требований Правил издания 1985 года и издания 1985 года (исправленного в 1990 году), после 31 декабря 2003 года является многостороннее утверждение с тем, чтобы дать возможность компетентному органу установить рамки, в пределах которых продолжение эксплуатации может быть утверждено. При этом изготовление новых упаковочных комплектов такой конструкции после 31 декабря 2006 г. начинать не разрешено. Длительность этого переходного периода была определена на основе оценки времени, необходимого для внедрения Правил издания 1996 года в национальные и международные правила.

817.4. При применении пункта 817 первоначальный опознавательный знак и код типа конструкции, первоначально присвоенные компетентным органом страны происхождения конструкции, должны оставаться как на упаковках, так и в сертификатах об утверждении конструкции, несмотря на то, что эти упаковки после 31 декабря 2003 г. становятся объектом многостороннего утверждения. Это значит, что упаковки, первоначально маркированные как тип B(U)-85 или тип B(U)F-85 согласно Правилам издания 1985 года, не должны перемаркировываться ни на тип B(M)-85 или тип B(M)F-85, ни на тип B(M)-96 или тип B(M)F-96 при их использовании по положениям пункта 817. Такая мера принята для того, чтобы подобные упаковки были отчетливо идентифицированы, как являющиеся объектом «грандфазеринга» («переходного периода») по положениям пункта 817, будучи первоначально утвержденными по Правилам издания 1985 года.

Радиоактивные материалы особого вида, утвержденные в соответствии с Правилами изданий 1973 года, 1973 года (исправленного), 1985 года и 1985 года (исправленного в 1990 году)

818.1. Пункт 818 вводит положения переходного периода для радиоактивных материалов особого вида, конструкция которых также является

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

предметом утверждения компетентным органом. Подчеркивается необходимость применения мер обеспечения качества, соответствующих Правилам издания 1996 года, чтобы обеспечить продолжение использования только таких радиоактивных материалов особого вида, которые продолжают соответствовать первоначальному назначению конструкции или нормативным требованиям. Это может быть наилучшим образом достигнуто путем применения современных мер обеспечения качества на этапах использования радиоактивных материалов особого вида после их изготовления, таких как техническое обслуживание, текущий ремонт, модернизация и использование. Следует отметить, что область действия положений переходного периода в Правилах распространяется только на требования к определенным радиоактивным материалам особого вида. Во всех других аспектах, например, в отношении общих положений, требований и указаний для перевозки, включая ограничения на груз и транспортное средство, а также утверждения и административных требований, применяются положения Правил 1996 г. издания.

818.2. В ходе разработки Правил издания 1996 года издания было определено, что нет необходимости в немедленном переходе на эти Правила после их принятия, но оправданы изменения, направленные на повышение безопасности перевозок в долговременном плане. Поэтому было также решено допустить продолжение эксплуатации определенных радиоактивных материалов особого вида, сконструированных и утвержденных в соответствии с Правилами изданий 1973 и 1985 года. При этом начинать изготовление таких радиоактивных материалов особого вида после 31 декабря 2006 г. не разрешается. Длительность этого переходного периода была определена на основе оценки времени, необходимого для внедрения Правил издания 1996 года в национальные и международные правила. Продолжение использования существующих радиоактивных материалов особого вида, конструкция которых утверждена на основе Правил издания 1967 года, необходимым и оправданным признано не было.

УВЕДОМЛЕНИЕ О СЕРИЙНЫХ НОМЕРАХ И ИХ РЕГИСТРАЦИЯ

819.1. Компетентному органу следует контролировать специальные аспекты, связанные с конструкцией, изготовлением и использованием упаковочных комплектов в рамках программы обеспечения соблюдения Правил (см. пункт 311). Для проверки правильности применения серийные номера всех упаковочных комплектов, изготовленных в

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

соответствии с конструкцией, утвержденной компетентным органом, требуется сделать доступными для этого органа. Компетентному органу следует вести реестр серийных номеров.

819.2. Упаковочным комплектам, изготовленным в соответствии с конструкцией, утвержденной компетентным органом для продолжения использования в рамках положений «грандфазеринга» («переходного периода») согласно пунктам 816 и 817, также присвоить серийные номера. Серийный номер и знание этого серийного номера компетентным органом важны, поскольку номера обеспечивают способ определения того, какая конкретная упаковка является объектом положений «грандфазеринга».

819.3. Серийные номера упаковочных комплектов должны однозначно определять каждый изготовленный упаковочный комплект. Соответствующий компетентный орган должен быть информирован об этом серийном номере. Термин «соответствующий» имеет широкую интерпретацию и может относиться к какой-либо из следующих стран:

— страна, где конструкция упаковки была первоначально разработана;
— страна, где упаковочный комплект был изготовлен; или
— страна или страны, где упаковка используется.

В случае упаковочных комплектов, изготовленных в соответствии с конструкцией упаковки, утвержденной для продолжения использования в соответствии с пунктами 816 и 817, всем компетентным органам, вовлеченным в процесс многостороннего утверждения, должна быть направлена информация о серийных номерах упаковочных комплектов.

УТВЕРЖДЕНИЕ ПЕРЕВОЗОК

820.1. Если требуется утверждение перевозки, то такое утверждение должно охватывать весь процесс перемещения груза от исходного пункта до пункта назначения. Если груз пересекает национальную границу, то утверждение перевозки должно быть многосторонним, т.е. перевозка должна быть согласована компетентным органом страны, из которой груз вывозится и компетентными органами стран, через которые или в которые груз перемещается. Цель требования многостороннего утверждения состоит в том, чтобы дать возможность заинтересованным компетентным органам определить необходимость особого контроля в процессе перевозки.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

820.2. Каждое требование пункта 820 следует применять отдельно. Например, груз упаковок типа B(M) со сбросом давления, содержащих делящиеся материалы, может потребовать утверждения в соответствии с обоими пунктами 820(a) и 820(c).

820.3. Необходимость применения пункта 820 определяется реальным содержимым упаковки, подлежащей перевозке. Например, если упаковочный комплект типа B(M), для которого сертификат об утверждении конструкции дает допустимое содержание Co-60 в пределах 1600 ТБк, используется для перевозки всего 400 ТБк Co-60, утверждения перевозки не требуется, поскольку 400 ТБк меньше, чем 1000 ТБк.

821.1. Согласно пунктам 802(a)(iv)–(vi) утверждение конструкции требуется для определенных конструкций упаковок. Некоторые из этих упаковок могут перевозиться без дополнительного утверждения перевозки, в то время как для других такое утверждение требуется (см. пункт 820). В некоторых случаях дополнительное утверждение перевозки требуется потому, что необходим эксплуатационный или иной контроль, и этот контроль может зависеть от реального содержимого упаковки. В тех ситуациях, когда необходимость контроля в процессе перевозки может быть определена на стадии рассмотрения и утверждения конструкции, нет необходимости рассматривать единичные перевозки. В таких случаях утверждение конструкции упаковки и перевозки может быть объединено в одном документе об утверждении.

821.2. В Правилах делается концептуальное различие между утверждениями конструкции и перевозок. Утверждение перевозок может быть включено в соответствующий сертификат об утверждения конструкции, и, если это делается, то следует позаботиться о четком определении двойственной природы сертификата и применить правильные коды типов. О коде типов см. пункт 828.

УТВЕРЖДЕНИЕ ПЕРЕВОЗОК В СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

824.1. Хотя утверждение перевозки в специальных условиях потребует рассмотрения, как перевозки, так и конструкции упаковки, это утверждение, в принципе, является утверждением перевозки. Дальнейшее руководство можно найти в пунктах 312.1 – 312.4.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

825.1. Необходимый уровень безопасности при перевозках в специальных условиях обычно достигается введением эксплуатационного контроля для компенсации отступлений от требований, предъявляемых к упаковке или процедурам перевозки. Некоторые методы эксплуатационного контроля, которые могут эффективно использоваться, приведены ниже:

(a) Исключительное использование перевозочного средства (см. пункт 221).
(b) Сопровождение перевозки. Сопровождающим обычно является специалист по радиационной защите, оснащенный приборами радиационного мониторинга и осведомленный об аварийных процедурах, позволяющих ему в случае аварии или иного нештатного события быстро определить наличие угрозы радиационного облучения или загрязнения и оказать соответствующую консультацию гражданским властям. При автодорожной перевозке персоналу сопровождения, по мере возможности, следует перемещаться в отдельном перевозочном средстве, чтобы не оказаться недееспособным в результате той же самой аварии. Сопровождающий персонал также должен быть оснащен лопатами, веревками и знаками для обозначения границ аварийной зоны, а также огнетушителем для тушения небольших возгораний и средствами связи. Если будет сочтено благоразумным, то кроме специалиста по радиационной защите в состав сопровож-дения могут включаться полицейские и пожарные.
(c) Маршрут перевозки можно планировать и регулировать с целью выбора наименее опасных дорог и, по возможности, избежания густонаселенных районов и возможных опасностей, таких как крутые уклоны и железнодорожные переезды.
(d) Временной график перевозки можно планировать и регулировать для избежания периодов интенсивного движения, таких как часы пик и конец недели.
(e) По возможности перевозки следует делать прямыми, т.е. без остановок и перегрузки в пути.
(f) Скорость перевозочных средств может быть ограничена, в частности, если ударная прочность упаковки низка и если пониженная скорость транспортного средства не вызовет дополнительных опасностей (таких как столкновения с перевозочными средствами, движущимися быстрее).
(g) Следует уделять внимание заблаговременному оповещению аварийных служб (полиции и пожарных).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(h) Следует иметь аварийные процедуры (специально разработанные или постоянно действующие) на случай попадания перевозимого груза в аварию.

(i) По мере необходимости следует использовать вспомогательное оборудование такое, как система крепления упаковки к перевозочному средству или системы амортизаторов и иные защитные устройства или конструкции в качестве компенсирующих мер безопасности.

СЕРТИФИКАТЫ ОБ УТВЕРЖДЕНИИ, ВЫДАВАЕМЫЕ КОМПЕТЕНТНЫМИ ОРГАНАМИ

Опознавательные знаки компетентного органа

828.1. Применяя и интерпретируя коды типа необходимо учитывать, что код основан на использовании различных символов, предназначенных для быстрого предоставления информации о типе рассматриваемой упаковки или перевозки. Символы предоставляют информацию о характеристиках конструкции упаковки (например: тип B(U), тип B(M) или тип C), либо о возможном присутствии делящихся материалов в упаковке, и о других конкретных аспектах сертификата об утверждении (например: для специальных условий, для перевозки, для содержимого в виде радиоактивного материала особого вида, радиоактивных материалов с низкой способностью к рассеянию, или неделящегося либо делящегося освобожденного гексафторида урана). Конкретно, появление в коде, например, B(U)F не означает обязательного наличия делящихся материалов в данной упаковке, а лишь то, что они там могут присутствовать.

828.2. Важно, чтобы, предпочтительно по опознавательному знаку, было легко определить, на основе какого издания Правил было выдано первоначальное утверждение конструкции упаковки. Это может быть достигнуто добавлением символа «-96» в код типа.

Пример:

Издание Правил	Опознавательный знак конструкции упаковки
1967	A/132/B
1973	A/132/B(U) или A/132/B(M)
1985	A/132/B(U)-85 или A/132/B(M)-85
1996	A/132/B(U)-96 или A/132/B(M)-96

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

828.3. Эта технология добавления символа может продолжать использоваться, если последующие издания Правил будут по существу дела поддерживать существующие коды типов упаковок.

СОДЕРЖАНИЕ СЕРТИФИКАТОВ ОБ УТВЕРЖДЕНИИ

Сертификаты об утверждении для радиоактивного материала особого вида и радиоактивного материала с низкой способностью к рассеянию

830.1. Цель подробного описания содержания сертификата об утверждении двоякая. Оно помогает компетентному органу в разработке его сертификатов и облегчает проверку сертификатов, поскольку содержащаяся в них информация стандартизована.

830.2. В Правилах предписано, какая основная информация должна содержаться в сертификатах об утверждении и в системе опознавательных знаков компетентного органа. Компетентным органам настоятельно рекомендуется следовать этим предписаниям как можно точнее, чтобы достичь международного единообразия сертификации. Вдобавок к необходимым национальным и международным правилам в каждом сертификате следует ссылаться на соответствующее издание Правил, поскольку они являются международно-признанными и известными нормами. Международные опознавательные коды регистрации транспортных средств (VRI), используемые в опознавательном знаке компетентного органа, даны в Таблице IV.

Сертификаты об утверждении для специальных условий

831.1. Как обсуждалось в пункте 418.1, при подготовке сертификата следует принимать во внимание разрешенное количество, тип и вид содержимого каждой упаковки из-за возможного влияния этих параметров на безопасность по критичности. В сертификате следует определить необходимые специальные инспекции или испытания содержимого для подтверждения его характеристик до перевозки. Это имеет особое значение для любых перемещаемых поглотителей нейтронов или иных устройств управления критичностью, которые будут загружены в упаковку перед отправкой (см. пункты 502.4 и 502.5). По применимости в сертификате об утверждении следует определять или давать в виде ссылки критерий, которому должны удовлетворять результаты измерения.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА IV. СПИСОК КОДОВ VRI ПО СТРАНАМ

Страна	Код VRI	Страна	Код VRI
Австралия	AUS	Индия	IND
Австрия	A	Индонезия	RI
Албания	AL	Иордания	HKJ
Алжир	DZ	Ирак	IRQ
Ангола	AO	Ирландия	IRL
Аргентина	RA	Исламская	
Армения	AM[a]	Республика Иран	IR
Афганистан	AFG	Исландия	IS
Бангладеш	BD	Испания	E
Беларусь	BEL	Италия	I
Бельгия	B	Йемен	YE
Бенин	DY	Казахстан	KK
Болгария	BG	Камбоджа	K
Боливия	BOL	Камерун	CM
Босния и Герцеговина	BIH	Канада	CDN
Бразилия	BR	Катар	QA
Буркина-Фасо	BF	Кения	EAK
Ватикан	VA	Кипр	CY
Велибритания	GB	Китай	CN
Венгрия	H	Колумбия	CO
Венесуэла	YV	Корейская Народная	
Вьетнам	VN	Демократическая	
Габон	GA	Республика	KP
Гаити	RH	Коста-Рика	CR
Гана	GH	Кот-д'Ивуар	CI
Гватемала	GCA	Куба	C
Германия	D	Кувейт	KWT
Греция	GR	Латвия	LV
Грузия	GE[a]	Либерия	LB
Дания	DK	Ливан	RL
Демократическая		Ливийская Арабская	
Кампучия[b]	KH[a]	Джамахирия	LAR
Демократическая		Литва	LT
Республика Конго	RCB	Лихтенштейн	FL
Доминиканская		Люксембург	L
Республика	DOM	Маврикий	MS
Египет	ET	Мадагаскар	RM
Замбия	Z	Македония, Бывшая	
Зимбабве	ZW	Югославская Республика	MK
Израиль	IL	Малайзия	MAL

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА IV. (продолж.)

Страна	Код VRI	Страна	Код VRI
Мали	RMM	Республика	SYR
Мальта	M	Словакия	SK
Марокко	MA	Словения	SLO
Маршаловы острова	PC	Судан	SUD
Мексика	MEX	США	USA
Монако	MC	Сьерра-Леоне	WAL
Монголия	MN	Таиланд	T
Мьянма	BUR	Танзания	EAT
Намибия	SWA	Тунис	TN
Нигер	RN	Турция	TR
Нигерия	WAN	Уганда	EA
Нидерланды	NL	Узбекистан	US
Никарагуа	NIC	Украина	UA
Новая Зеландия	NZ	Уругвай	U
Норвегия	N	Федеративная Республика	
ОАЭ	SV	Югославия	YU
Пакистан	PAK	Филиппины	RP
Панама	PA	Финляндия	FIN
Парагвай	PY	Франция	F
Перу	PE	Хорватия	HR
Польша	PL	Чешская Республика	CZ
Португалия	P	Чили	RCH
Республика Корея	ROK	Швейцария	CH
Республика Молдова	MOL	Швеция	S
Российская Федерация	RUS[c]	Шри-Ланка	CL
Румыния	R	Эквадор	EC
Сальвадор	ES	Эстония	EW
Саудовская Аравия	SA	Эфиопия	ETH
Сенегал	SN	ЮАР	ZA
Сингапур	SGP	Ямайка	JA
Сирийская Арабская		Япония	J

[a] При отсутствии кода VRI приведен код ISO.

[b] Камбоджа ранее была известна как Демократическая Кампучия.

[c] В английском издании Справочного материала ошибочно указан код для Российской Федерации «RU», который является кодом для Российской Федерации по ISO. Код «RU» использовался в опознавательных знаках компетентного органа Российской Федерации. Его можно найти в настоящее время в действующих сертификатах об утверждении *(прим. редактора русского перевода)*.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

831.2. В сертификате для специальных условий следует указывать любые специальные условия размещения груза, которым необходимо следовать, либо которые не следует применять.

Сертификаты об утверждении на перевозку

832.1. См. пункт 831.1.

832.2. В этом издании Правил упаковки, содержащие делящиеся материалы, исключены из сферы действия требований пунктов 673 – 682, если соблюдены определенные требования к упаковке и загрузке (см. пункт 672(a)). Если упаковки в грузе содержат делящиеся материалы, освобожденные на основе пределов для упаковки, следует позаботиться об обеспечении соблюдения пределов для груза. Это будет означать, что грузоотправитель должен быть хорошо осведомлен в отношении верхнего предела количества делящихся материалов в каждой упаковке или предполагать, что в каждой упаковке содержится максимально допустимое количество (см. пункт 672(a)).

Сертификаты об утверждении на конструкцию упаковки

833.1. Как обсуждалось в пункте 418.1, следует принимать во внимание разрешенное количество, тип и вид содержимого каждой упаковки из-за возможного влияния этих параметров на безопасность по критичности. В сертификате следует определить необходимые специальные инспекции или испытания содержимого для подтверждения его характеристик до перевозки. Если упаковка содержит облученное ядерное топливо, то до погрузки и/или перевозки может понадобиться выполнить измерения, удовлетворяющие требованиям пункта 674(b). В сертификате на упаковку следует определить или дать ссылку на критерий, которому должны удовлетворять результаты измерения (см. соответствующие справочные материалы в пункте 502.8). Аналогично, если предусмотрены специальные меры для исключения протечек воды внутрь, в сертификате следует установить или дать ссылку на специальные инспекции и/или процедуры испытания с целью обеспечения соответствия.

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СЕРТИФИКАТОВ

834.1. Сертификат об утверждении компетентного органа страны происхождения обычно является первым, который доложен быть

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

выпущен в серии сертификатов многостороннего утверждения. Компетентные органы иные, чем страны происхождения, имеют выбор, либо выполнить отдельную оценку и экспертизу безопасности, либо использовать оценку, уже выполненную компетентным органом страны происхождения, ограничивая тем самым границы и степень собственной оценки.

834.2. Последующие сертификаты об утверждения могут принимать одну из двух форм. Во-первых, компетентный орган последующей страны может подтвердить первоначальный сертификат, т.е. согласовать и подтвердить первоначальный сертификат, включая определенный в этом сертификате контроль. Это – многостороннее утверждение путем подтверждения первоначального сертификата. Утверждение путем подтверждения не потребует каких-либо дополнительных опознавательных знаков компетентных органов, как для идентификации сертификата, так и для маркировки упаковок. Во-вторых, компетентный орган может выпустить сертификат об утверждении, связанный с первоначальным сертификатом, но отдельный от него, причем этот последующий сертификат будет иметь опознавательный знак, отличный от первоначального. Вдобавок, в этом случае упаковки, используемые в рамках такого многостороннего утверждения, должны быть помечены опознавательными знаками как первоначального, так и последующего сертификатов об утверждении (см. пункт 829(b)).

ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ VIII

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Compliance Assurance for the Safe Transport of Radioactive Material, Safety Series No. 112, IAEA, Vienna (1994).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Приложение I

СИСТЕМА Q ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРИМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ A_1 И A_2

ВВЕДЕНИЕ

I.1. «Система Q» была разработана Х.Ф. Макдональдом и Е.П. Голдфинчем из Центрального электроэнергетического управления компании Соединенного Королевства в рамках Соглашения об исследованиях с Международным агентством по атомной энергии. Система Q определяет, через значения A_1 и A_2, «количественные» пределы для допустимого содержания радионуклида в упаковке типа А. Эти пределы также используются в Правилах для различных целей, таких как определение пределов утечки активности из упаковок типа В, предел содержания для упаковок с материалами с низкой удельной активностью и освобожденных упаковок, а также предел содержания радиоактивных материалов особого вида (не рассеиваемых) и не особого вида (рассеиваемых). Символ «Q» в названии системы Q обозначает количество.

I.2. Сводный отчет о первоначальных результатах разработки системы Q был опубликован в 1986 году как документ IAEA-TECDOC-375 под названием «International Studies on Certain Aspects of the Safe Transport of Radioactive Materials, 1980–1985» [I.1]. Затем была выполнена дальнейшая доработка системы Q специальной рабочей группой МАГАТЭ в 1982 году. Это послужило основой для значений A_1 и A_2 в Правилах издания 1985 года. В дополнение К. Эккерман из Отдела здравоохранения и безопасности Окриджской национальной лаборатории (ORNL) США провел верификацию значений Q на средства Министерства транспорта США, а К. Шоу из Национального комитета по радиационной защите (NRPB) Соединенного Королевства разработал силами своей организации годовые пределы значений поступления (ALI) радионуклидов, не включенных в Публикацию 30 МКРЗ [I.2–I.7].

I.3. В преддверии издания Правил в 1996 года в систему Q были внедрены последние рекомендации и данные МКРЗ в виде коэффициентов для дозы на единицу поступления (дозовые коэффициенты) [I.8] усилиями Л. Болонь (ANPA, Италия), К. Эккермана (ORNL, США) и С. Хьюза (NRPB, Великобритания). Их результаты послужили основой для усовершенствования значений A_1 и A_2. Существенная часть этой работы состоит в повторном исследовании дозиметрических моделей, используемых при

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

определении пределов содержимого для упаковки типа А. Повторное исследование ранних моделей в свою очередь привело к дальнейшему развитию системы Q, выразившемуся в усовершенствовании метода расчета значений A_1 и A_2. Усовершенствованный метод определения значений A_1 и A_2 и вытекающие из него результаты представлены в этом Приложении. Значительная часть информации и обсуждений, содержащихся в Приложении, касаются истории вопроса, но их сохранение в тексте представляется важным для полного понимания данных рекомендаций.

ПРЕДПОСЫЛКИ

I.4. Различные пределы для контроля выхода радиоактивности из транспортных упаковок, предписанные в Правилах, основаны на пределах содержания активности для упаковок типа А. Упаковки типа А предназначены для экономичной перевозки большого количества грузов низкой активности, с достижением, в то же время, высокого уровня безопасности. Пределы содержимого установлены так, чтобы избежать неприемлемых радиологических последствий в случае серьезного повреждения упаковки типа А, и исключить необходимость утверждения конструкции упаковки компетентным органом, за исключением упаковок, содержащих делящиеся материалы.

I.5. Активность, превышающая пределы для упаковок типа А, подпадает в Правилах под действие требований к упаковкам типа В, для которых действительно требуется утверждение компетентного органа. Требования к упаковкам типа В сформулированы так, чтобы уменьшить до очень низкого уровня вероятность значительного радиоактивного выхода из таких упаковок в результате тяжелой аварии.

I.6. Первоначально классификация перевозимых радионуклидов состояла из семи групп, каждая из которых имела свои пределы содержания в упаковке типа А для радиоактивных материалов особого вида и для всех остальных видов радиоактивных материалов. Особый вид радиоактивных материалов был определен как не рассеивающийся в условиях специальных испытаний. В издании Правил 1973 года система классификации по группам была преобразована в систему A_1/A_2, в которой для каждого нуклида определен предел содержания в упаковке типа А как значение A_1 кюри при транспортировании в особом виде и A_2 кюри для радиоактивных материалов не относящихся к особому виду.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.7. Дозиметрические основы системы A_1/A_2 базировались на ряде отчасти прагматичных допущений. При выводе значения A_1 используется доза 3 бэр (30 мЗв) на все тело, хотя в расчете значения A_1 облучение ограничено 3 Р на расстоянии 3 м за время 3 часа. Кроме того, при определении A_2 предполагалось, что поступление внутрь организма $10^{-6}A_2$ в результате «средней» аварии приводит к облучению в размере половины предела годового поступления (ALI) для радиационного персонала. Средняя авария была определена условно как авария, приводящая к полной потере защиты и выходу 10^{-3} от содержимого упаковки таким образом, что 10^{-3} от этого вышедшего содержимого впоследствии поступает в организм находящегося рядом человеком. Описанная здесь система Q учитывает более широкий спектр путей облучения, чем более ранняя система A_1/A_2, но опирается на те же предположения, что и первоначальный ее вариант, определенный в Правилах издания 1985 года. Многие из сделанных предположений сходны с теми, которые делались или подразумевались в Правилах издания 1973 года, однако, в ситуациях, предполагающих поступление радиоактивных материалов, использованы новые данные и концепции, рекомендованные в последнее время МКРЗ [I.8, I.9]. В частности, сделаны прагматические предположения в отношении степени повреждения упаковки и выхода содержимого, как обсуждается ниже, без привлечения понятия «средней» аварии.

ОСНОВЫ СИСТЕМЫ Q

I.8. В рамках системы Q рассматривается ряд путей облучения, каждый из которых может привести к облучению, внутреннему или внешнему, людей вблизи упаковки типа А, попавшей в серьезную транспортную аварию. Пути облучения схематически представлены на рис. I.1 и ведут к пяти значениям предела содержимого Q_A, Q_B, Q_C, Q_D и Q_E, для дозы внешнего гамма облучения, дозы внешнего бета облучения, ингаляционной дозы, дозы облучения кожи от загрязнения и внутренних органов при пероральном поступлении, дозы из-за нахождения в облаке, соответственно. Пределы содержания для альфа-излучателей, и излучателей нейтронов материалов особого вида, а также для трития рассматриваются отдельно.

I.9. Пределы содержимого для упаковки типа А определены для отдельных радионуклидов, так же как в Правилах издания 1985 года. Значение A_1 для материалов особого вида определяется как меньшее из

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

двух значений Q_A и Q_B, а значение A_2 для радиоактивных материалов, не относящихся к особому виду, является наименьшим из A_1 и остальных значений Q. Конкретные предположения для определения путей облучения, используемые при определении каждого индивидуального значения Q, обсуждаются ниже, однако все они основаны на следующих радиологических критериях:

(a) Эффективная или ожидаемая эффективная доза для лица вблизи транспортной упаковки при аварии не должна превышать дозу 50 мЗв.

(b) Эквивалентная или ожидаемая эквивалентная доза, полученная отдельными органами, включая кожу, человека, вовлеченного в аварию, не должна превышать 0,5 Зв, или в особом случае для хрусталика глаза – 0,15 Зв.

(c) Маловероятно, что человек будет находиться на расстоянии 1 м от поврежденной упаковки в течение времени больше, чем 30 минут.

I.10. В системе Основных норм безопасности (BSS) [I.10] система Q относится к области потенциального облучения. Потенциальное облучение это такое облучение, которое не ожидается с полной определенностью, но может быть результатом аварии на источнике вследствие какого-либо события или последовательности событий вероятностного характера, включая отказы оборудования и ошибки при эксплуатации. К потенциальному облучению пределы доз, установленные в BSS не применяются (см. Перечень II, Таблицу II-3 в BSS). В Правилах издания 1985 года опорная доза 50 мЗв, используемая при определении значений A_1/A_2 для эффективной дозы или ожидаемой эффективной эквивалентной дозы облучения человека вблизи транспортной упаковки после аварии, была связана с годовым пределом дозы для персонала. Как утверждалось ранее, эта связь с годовым пределом дозы для персонала для потенциального облучения не применяется. В пересмотренной системе Q контрольная (опорная) доза 50 мЗв была оставлена на том основании, что исторически реальные аварии с упаковками типа А приводили к очень малому облучению. При выборе справочной дозы важно также учесть вероятность облучения человека в результате транспортной аварии; такие облучения могут, вообще говоря, рассматриваться как облучения, имеющие место один раз за всю жизнь человека. Ясно, что большинство людей никогда не подвергнутся облучению.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.11. Эффективная доза облучения для человека вблизи транспортной упаковки после аварии не должна превышать 50 мЗв. Для расчета предполагается, что индивидуум находится на расстоянии 1 м от поврежденной упаковки и остается в этом месте в течение 30 минут. Эффективная доза определена в BSS как сумма эквивалентных доз для тканей, каждая из которых умножается на соответствующий весовой коэффициент. Весовые коэффициенты для тканей равны используемым в радиационной защите и данным в Публикации 60 МКРЗ [I.8].

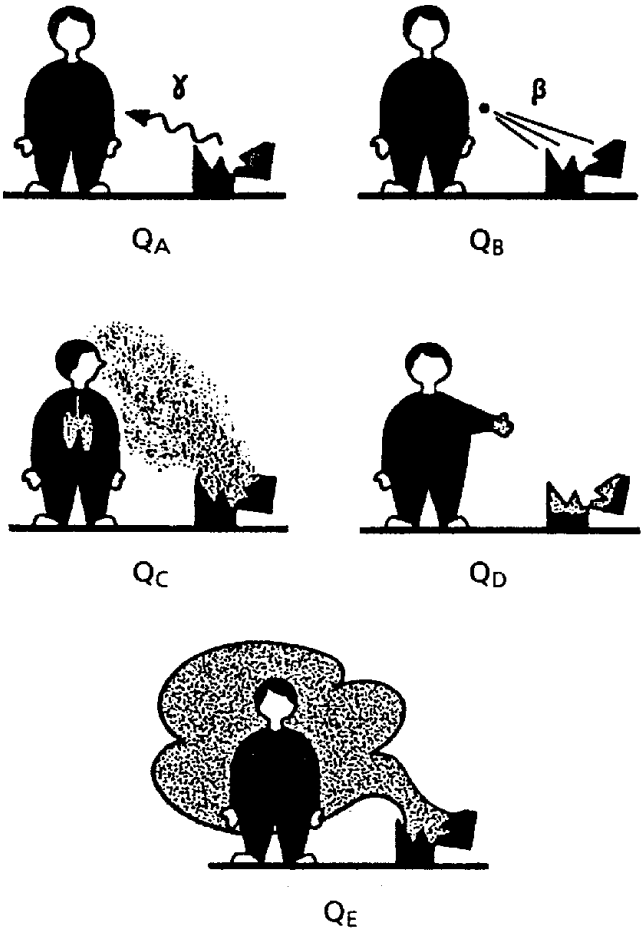


РИС. I.1. Схематическое представление путей облучения, применяемых в системе Q.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.12. Кроме того, время облучения 30 минут на расстоянии 1 м представляет собой осторожное предположение об аварийном облучении лиц, изначально присутствующих при аварии, предполагается, что последующие восстановительные операции осуществляются под надзором и контролем в отношении защиты от ионизирующих излучений. Это считается более реалистичным, чем ранние предположения облучения в течение 3 часов на расстоянии 3 м. В сочетании с вышеуказанными дозовыми пределами, это приводит к ограничению мощности дозы гамма излучения от поврежденной упаковки на все тело величиной 0,1 Зв/час на расстоянии 1 м.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ДОПУЩЕНИЯ

I.13. В данном разделе детально описаны дозиметрические модели и допущения, лежащие в основе вывода пяти основных значений Q. Очерчены конкретные учитываемые пути облучения, обсуждаются соображения, касающиеся методов вывода.

Q_A – доза внешнего фотонного облучения

I.14. Значение Q_A для радионуклида определяется, через рассмотрение дозы внешнего гамма или рентгеновского облучения всего тела человека вблизи поврежденной упаковки типа А после аварии. Предполагается, что защита упаковки полностью разрушена при аварии и соответствующая мощность дозы на расстоянии 1 м от края (или поверхности) незащищенного радиоактивного материала ограничивается значением 0,1 Зв/ч. Кроме того, предполагается, что поврежденная упаковка может рассматриваться как точечный источник.

I.15. В предыдущей системе Q, согласно Публикации 38 МКРЗ [I.11], значение Q_A рассчитывалось по средней энергии фотонов на один распад. Кроме того, переход от экспозиционной дозы на открытом воздухе к эффективной дозе осуществлялся с коэффициентом 6,7 мЗв/Р для фотонов с энергией в диапазоне между 50 кэВ и 5 МэВ.

I.16. В пересмотренной системе Q значение Q_A рассчитывалось, используя полный спектр рентгеновского и гамма излучения радионуклидов, как указано в Публикации 38 МКРЗ. Зависящая от энергии взаимосвязь между эффективной дозой и экспозиционной дозой на открытом воздухе принимается в соответствии с Публикацией 51 МКРЗ [I.12] для изотропной геометрии излучения.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.17. Значения Q_A даются формулой

$$Q_A = \frac{D/t}{DRC_\gamma} C,$$

где

D – контрольная доза 0,05 Зв,

t – время облучения 0,5часа,

DRC_γ – коэффициент эффективной мощности дозы для радионуклида,

C – переводной коэффициент, определяющий размерность Q_A.

I.18. Таким образом, значения Q_A определяются из

$$Q_A(\text{TBq}) = \frac{10^{-13}}{\dot{e}_{pt}},$$

где $\dot{e}_{pt}$ –коэффициент эффективной мощности дозы для радионуклида на расстоянии 1 м (Зв·Бк$^{-1}$·ч$^{-1}$).

I.19. Коэффициенты эффективной дозы и эффективной мощности дозы можно найти в таблице II.2 Приложения II.

I.20. В этом уравнении величина C была установлена равной 10^{-12} ТБк/Бк.

I.21. Коэффициент эффективной мощности дозы был рассчитан из

$$\dot{e}_{pt} = \frac{C}{4\pi d^2} \sum_i \left(\frac{e}{X}\right)_{E_i} Y_i E_i \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_{E_i} e^{-\mu_i d} B(E_i, d)$$

где

$(e/X)_{E_i}$ – соотношение между эффективной дозой и облучением в воздухе (Зв·Р$^{-1}$),

Y_i – выход фотонов энергии E_i на один распад радионуклида (Бк·с)$^{-1}$,

E_i – энергия фотона (МэВ),

$(\mu_{en}/\rho)_{E_i}$ – массовый коэффициент поглощения энергии в воздухе для фотонов энергии E_i (см^2·г$^{-1}$),

$-\mu_i$ – линейный коэффициент затухания в воздухе для фотонов энергии E_i (см$^{-1}$),

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

$B(E_i,d)$ – воздушная керма фактор накопления фотонов энергии E_i на расстоянии d,

C – постоянная величина, определяемая вышеуказанными размерностями.

I.22. Расстояние d взято равным 1 м. Значение $(e/X)_{E_i}$ получено интерполяцией данных из Публикации 51 МКРЗ [I.12]. Этот подход верен для фотонов с энергией в диапазоне от 5 кэВ до 10 МэВ. Значение $(e/X)_{E_i}$ зависит от предположений относительно углового распределения поля излучения (геометрии излучения). Однако в численном отношении разница между различными геометриями излучения невелика, например, отношение круглого параллельного луча к изотропному полю обычно меньше 1,3.

Q_B – доза внешнего облучения бета-излучателя

I.23. Значение Q_B определяется на основе рассмотрения дозы бета-излучения, полученной кожей человека облученного в результате аварии с упаковкой типа А, содержащей радиоактивный материал особого вида. Так же как и в предыдущем случае, предполагается полное разрушение транспортной упаковки при аварии, но концепция остаточного фактора защиты для бета-излучателей (связанная с такими материалами, как защита окна для бета-излучения, обломки упаковки и т. п.), введенная в Правилах издания 1985 года, остается в силе. Это предполагает применение очень консервативного коэффициента защиты, равного 3 для бета-излучателей с максимальной энергией ≥ 2 МэВ, а в рамках системы Q эта практика была расширена и применена для целого ряда коэффициентов защиты, зависящих от энергии бета-излучения, на основе поглотителя приблизительной толщиной 150 мг·см$^{-2}$.

I.24. В пересмотренной системе Q значение Q_B рассчитывается с использованием полного спектра бета-излучения для радионуклидов согласно Публикации 38 МКРЗ (см. ссылку [I.13]). Спектральные данные для интересующего нуклида используются с данными из [I.14, I.15] по мощности дозы на кожу на единицу активности моноэнергетического источника электронов. Самоэкранирование упаковки считается гладкой функцией максимальной энергии бета-спектра (Рис. I.2). Значение Q_B определяется по

$$Q_B = \frac{D/t}{DRC_\beta} C,$$

где

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

D – контрольная доза 0,5 Зв,
t – время облучения 0,5 час,
DRC_β – коэффициент эффективной мощности дозы для радионуклида,
C – переводной коэффициент, определяющий размерность Q_B.

I.25. Таким образом, Q_B рассчитывается по

$$Q_B(\text{TBq}) = \frac{1\times10^{-12}}{\dot{e}_\beta},$$

где

$\dot{e}_\beta$ – коэффициент эффективной мощности дозы на кожу для бета-излучения на расстоянии 1 м от самоэкранированного материала (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$).

Коэффициенты дозы и мощности дозы можно найти в табл. II.2 Приложения II.

I.26. В этом уравнении значение C было принято равным 10^{-12} ТБк/Бк.

I.27. Коэффициент мощности дозы определяется как

$$\dot{e}_\beta = \frac{1}{SF_{\beta_{max}}} J_{air} C,$$

где
$SF_{\beta_{max}}$ – коэффициент защиты, рассчитанный при максимальной энергии бета-спектра,
J_{air} – доза на расстоянии 1м на распад (МэВ·г$^{-1}$·Бк$^{-1}$·с$^{-1}$),
C – переводной коэффициент.

Параметр J_{air} рассчитывается как

$$J_{air} = \frac{n}{4\pi\rho r^2}\int_0^{E_{max}} N(E)j(r/r_E, E)(E/r_E)dE$$

где
n – количество бета-частиц излучаемых на один распад,
N(E) – количество электронов излучаемых с энергией в диапазоне от E до E + dE (Бк$^{-1}$·с$^{-1}$),

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

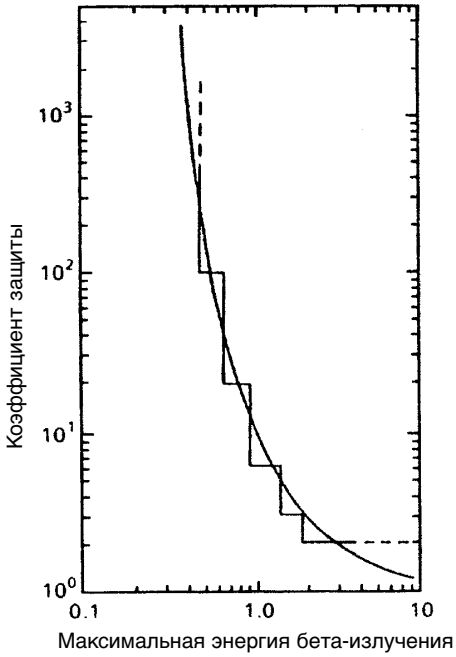


РИС. I.2. Коэффициент защиты в зависимости от энергии бета-излучения. Коэффициент защиты= $e^{\mu d}$, $\mu = 0.017 \times E_{\beta max}^{-1.14}$, $d = 150$ мг/см^2

$j(r/r_E, E)$ – безразмерное распределение дозы, представляющее долю излученной энергии, поглощаемой в сферической оболочке с радиусами r/r_E and $r/r_E + d(r/r_E)$, согласно таблицам Кросса [I.14, I.15].

I.28. Следует отметить, что, хотя предел дозы для хрусталика глаза ниже, чем для кожи (0,15 Зв по сравнению с 0,5 Зв), расчет доз в глубине ткани от бета-источников и, в частности, при поглощении на глубине 300 мг·см$^{-2}$ чувствительных клеток эпителия хрусталика глаза показывает, что, при максимальных энергиях бета-излучения до, примерно, 4 МэВ [I.16–I.18], ограничительной всегда является доза на кожу. Таким образом, специальное рассмотрение дозы на хрусталик глаза не требуется.

I.29. И, наконец, при определении значений Q следует упомянуть о трактовке позитронного аннигиляционного излучения и конверсионных электронов. Последние рассматриваются как моноэнергетические бета-

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

частицы с весовыми коэффициентами, соответствующими их выходу. В случае аннигиляционного излучения этот фактор не должен учитываться при расчетах бета-дозы на кожу, поскольку он вносит вклад величиной всего несколько процентов в локальную дозу для базального слоя. Однако гамма-излучение 0,51 МэВ включено в энергию фотонов на распад, используемую при определении Q_A, как обсуждалось выше.

Q_C – доза внутреннего облучения ингаляционным путем

I.30. Значение Q_C для радионуклида, перевозимого не в особом виде, определяется исходя из ингаляционной дозы, полученной человеком, подвергшимся облучению от радиоактивных материалов, вышедших из поврежденной упаковки типа А при аварии. Соответствие с дозовым пределом, указанным ранее, было обеспечено путем ограничения поступления радиоактивного материала в условиях аварии величиной ПГП (предел годового поступления),(ALI), рекомендованного МКРЗ [I.19]. Концепция «средней» аварии, применявшаяся в Правилах издания 1973 года, более не используется, поскольку ее определение вызвало большие споры, а именно, в отношении того, что средняя авария – это авария, приводящая к выходу 10^{-3} содержимого упаковки в совокупности с дозиметрической моделью, предполагающей, что при этой аварии выходит 10^{-3} содержимого упаковки, и что 10^{-3} от этого выхода поступает в организм человека.

I.31. В рамках системы Q рассматривается ряд сценариев аварий, включая ту, которая первоначально предложена для определения Q_C, охватывающих аварии, происходящие как в помещении, так и на открытом воздухе, и возможные воздействия пожаров. В Правилах 1973 года издания предполагалось, что 10^{-3} содержимого упаковки может выйти в результате средней аварии, и что 10^{-3} от этого вышедшего материала может поступить в организм человека вовлеченного в аварию. В результате получается итоговое поступление 10^{-6} содержимого упаковки, и эта величина оставлена в системе Q. Однако, теперь она трактуется как величина, представляющая ряд возможных долей выхода и коэффициентов поступления (поглощения), при этом удобно рассматривать коэффициенты поглощения как функцию этих двух параметров независимо.

I.32. Диапазон выхода содержимого, принимаемый сейчас в системе Q, а именно 10^{-3}–10^{-2}, охватывает диапазон, представленный более ранним предположением в Правилах издания 1973 года, и изначальное

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

предложение для системы Q. В основе этого лежит подразумеваемое допущение, также содержащееся в Правилах издания 1985 года, о том, что вероятность «крупной аварии», способной вызвать выход большей части содержимого упаковки, мала. В большой степени такой подход вызван фактами поведения упаковок типа А в условиях тяжелой аварии [I.20–I.22].

I.33. Данные о вдыхаемых аэрозольных составляющих, образуемых в условиях аварии, в целом немногочисленны и имеются только для ограниченного ряда материалов. Например, для образцов урана и плутония в условиях повышенной скорости окисления в воздухе в присутствии двуокиси углерода доля вдыхаемых аэрозолей была определена, как приблизительно равная 1% [I.23]. Однако, ниже этого уровня доля аэрозолей имеет широкие вариации в зависимости от температуры и локальных потоков в атмосфере в данном месте. Для жидкостей очевидно возможны большие доли выхода содержимого, но здесь многочисленные барьеры, обеспечиваемые материалами упаковки типа А, включая абсорбенты и двойную систему герметизации, остаются эффективными даже после аварий с тяжелыми ударными или раздавливающими воздействиями [I.22]. В самом деле, в описанном примере с источником I-131, который был полностью раздавлен в автодорожной аварии, после удаления обломков упаковки на дороге осталось менее 2% содержимого упаковки [I.24].

I.34. Потенциально наиболее тяжелыми аварийными условиями для множества упаковок типа А является сочетание тяжелого механического повреждения с пожаром. Однако, даже и в этой ситуации роль обломков в удержании выхода радиоактивного материала может быть значительной, как это, по-видимому, произошло в авиакатастрофе самолета DC8 в 1979 году в Афинах [I.21, I.22].

I.35. Зачастую при пожаре образуются относительно большие частицы материала, которые имеют тенденцию минимизировать любое поступление путем ингаляции и, в то же время, обеспечивают значительную поверхность для поглощения летучих компонентов и, особенно, паров жидкостей. Дополнительным ослабляющим фактором является усиленное локальное рассеяние, связанное с наличием конвективных потоков воздуха, вызванных горением, что также приводит к уменьшению поглощения за счет ингаляции.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.36. На основе соображений, подобных здесь приведенным, для определения пределов содержимого упаковок типа А в Правилах была признана подходящей доля выхода содержимого в диапазоне $10^{-3} \div 10^{-2}$.

I.37. Диапазон коэффициента поступления (поглощения) $10^{-4} \div 10^{-3}$, используемый сейчас в системе Q, основан на рассмотрении ряда возможных аварийных ситуаций, происходящих как в помещении, так и на открытом воздухе. В первоначальных положениях системы Q рассматривалось облучение в помещении склада или помещении для обработки груза объемом 300 м^3 при четырехкратном обмене воздуха в помещении в час. Предполагая интенсивность дыхания взрослого человека $3{,}3 \times 10^{-4}$ м^3/с, коэффициент поглощения получается равным приблизительно 10^{-3} за время облучения 30 минут. Альтернативный сценарий аварии предполагает облучение в транспортном средстве объемом 50 м^3 при десятикратном воздухообмене в час, как первоначально было принято при определении пределов утечки в нормальных условиях перевозки из упаковки типа В в Правилах издания 1985 года. Предполагая ту же интенсивность дыхания и время облучения, что и ранее, коэффициент поглощения получается равным $2{,}4 \times 10^{-3}$, т.е. имеющим тот же порядок величины, что и выше.

I.38. Для аварий, происходящих на открытом воздухе, наиболее консервативным предположением для атмосферного рассеяния вышедшего из упаковки материала является расположение точечного источника на уровне земли. Табулированные коэффициенты разбавления для этой ситуации на расстоянии 100 м по ветру изменяются в диапазоне от 7×10^{-4} до $1{,}7 \times 10^{-2}$ с/м^3 [I.25], что соответствует коэффициенту поглощения в интервале от $2{,}3 \times 10^{-7}$ до $5{,}6 \times 10^{-6}$ для интенсивности дыхания взрослого человека, указанной ранее. Эти величины относятся к кратковременным выходам активности и охватывают диапазон погодных условий от крайне неустойчивых до крайне устойчивых; соответствующее значение для средних условий равно $3{,}3 \times 10^{-7}$, т.е. находится ближе к нижней границе указанного диапазона.

I.39. Экстраполяция использованных моделей расчета коэффициента разбавления в атмосфере на меньшие расстояния по направлению ветра ненадежна, но уменьшение расстояния от облучающего объекта на порядок, т.е. до 10 м увеличит приведенный выше коэффициент поглощения приблизительно в 30 раз. Это показывает, что если расстояние по ветру уменьшается до нескольких метров, то коэффициент поглощения приближается к величинам в диапазоне $10^{-4} \div 10^{-3}$, использованном в

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

системе Q. Однако в этих обстоятельствах вступают в силу другие факторы, уменьшающие поглощение активности, и они даже могут стать доминирующими. Дополнительная турбулентность, ожидаемая при пожаре, упоминалась ранее. Можно предположить в результате турбулентности аналогичное уменьшение концентрации аэрозольных частиц, являющееся следствием потока воздуха вблизи вовлеченного в аварию перевозочного средства или вследствие влияния рядом расположенных зданий.

I.40. Таким образом, подводя итог, видно, что коэффициенты поступления в диапазоне $10^{-4} \div 10^{-3}$ представляются приемлемыми для определения пределов содержимого упаковок типа А. С учетом долей выхода содержимого, рассмотренных ранее, суммарный коэффициент поступления составляет 10^{-6}, как и в Правилах издания 1985 года. Однако, в рамках системы Q эта величина представляет комбинацию выхода содержимого обычно в диапазоне $10^{-3} \div 10^{-2}$ от содержимого упаковки в виде вдыхаемого аэрозоля в сочетании с коэффициентом поступления вышедшего из упаковки материала в пределах $10^{-4} \div 10^{-3}$. Вместе с предельными дозами, рассмотренными ранее, это приводит к выражению для предела содержимого по условиям облучения ингаляционным путем в виде:

$$Q_C = \frac{D}{1 \times 10^{-6} DC_{inh}} C$$

где

D – контрольная доза 0,05 Зв,

1×10^{-6} – часть содержимого упаковки, поступающая ингаляционным путем,

DC_{inh} – дозовый коэффициент для ингаляции,

C – переводной коэффициент, определяющий размерность Q_C.

Таким образом, величину Q_C можно рассчитать из

$$Q_C(\text{TBq}) = \frac{5 \times 10^{-8}}{e_{inh}}$$

где e_{inh} – эффективный дозовый коэффициент для ингаляции радионуклида (Зв/Бк).

Значения e_{inh} можно найти в таблицах II и III в Серии по безопасности № 115. Коэффициенты дозы и мощности дозы можно найти в табл. II.2 Приложения II.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.41. В этом уравнении значение C было принято равным 10^{-12} ТБк/Бк.

I.42. Диапазоны выхода из упаковки и поступления, рассмотренные выше, отчасти определяются химической формой материалов и размером аэрозольных частиц. Учет химической формы главным образом влияет на дозу, приходящуюся на единицу поступления. Доля поступления, полученная выше, соответствует величине, использованной в более ранней системе Q. При расчете Q_C предполагались наиболее ограничивающая химическая форма, и эффективные дозовые коэффициенты для аэрозолей с эквивалентным диаметром 1 мкм [I.9, I.10]. Величина эквивалентного диаметра 1 мкм, использованная в более ранней системе Q, оставлена, даже не смотря на то, что другие величины эквивалентного диаметра могут дать более консервативные дозовые коэффициенты для некоторых радионуклидов.

I.43. Для урана величины Q_C представляются применительно к типам поглощения в легких (первоначально названным классами очистки легких), определенным для большинства химических форм урана. Такое более детальное определение Q_C принято вследствие чувствительности мощности дозы на единицу поступления к типу поступления и вследствие того факта, что химическая форма перевозимого урана, в целом, известна.

Q_D – дозы от загрязнения кожи и перорального поступления

I.44. Значения Q_D для бета-излучателей определяется на основе рассмотрения дозы бета-излучения, получаемой кожей человека, загрязненной радиоактивным материалом не особого вида вследствие обращения с поврежденной упаковкой типа A. Модель, предложенная в рамках системы Q, предполагает, что 1% содержимого упаковки равномерно распределен на площади 1 м^2; предполагается, что результатом обращения с обломками упаковки является загрязнение рук до 10% от этого уровня [I.26]. Далее предполагается, что облученный человек не носит перчатки, но осознает возможность загрязнения или моет руки спустя пять часов.

I.45. Взятые по отдельности, эти предположения выглядят несколько произвольно, но в целом они представляют разумную основу для оценки уровня загрязнения кожи, которое может возникнуть в условиях аварии. Он равен $10^{-3} \times Q_D$/м^2 при пределе мощности дозы для кожи, равном 0,1 Зв/час при времени облучения 5 часов. В Правилах издания 1985 года преобразование в дозу было основано на максимальной энергии спектра бета-излучения в представлении в виде гистограммы.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.46. Сейчас значения Q_D были рассчитаны с использованием спектра бета-излучения и дискретных эмиссий электронов для радионуклидов, как табулировано МКРЗ [I.11, I.12]. Данные по эмиссии для интересующего нуклида были использованы вместе с данными Кросса и др. [I.27] по мощности дозы на кожу от моноэнергетических электронов, излучаемых с поверхности кожи. Величина Q_D определяется из:

$$Q_D = \frac{D}{10^{-3} \times DRC_{skin} \times t} C,$$

где:

D –контрольная доза 0,5 Зв,

10^{-3} –доля содержимого упаковки, распределенная на единице поверхности кожи ($м^{-2}$),

DRC_{skin} –коэффициент мощности дозы для загрязнения кожи,

t –время облучения $1{,}8 \times 10^4$ с (5 час),

C –переводной коэффициент, определяющий размерность Q_D.

I.47. Так Q_D можно определить из

$$Q_D(TBq) = \frac{2.8 \times 10^{-2}}{\dot{h}_{skin}},$$

где $\dot{h}_{skin}$ – доза на кожу на единицу активности на единицу площади кожи ($Зв \cdot с^{-1} \cdot ТБк^{-1} \cdot м^2$).

Коэффициенты дозы и мощности дозы можно найти в табл. II.2 Приложения II.

I.48. В этом уравнении значение C было приравнено к 1.

I.49. Следует отметить, что для ряда радионуклидов значения Q_D имеют более ограничивающий характер, чем в более ранней системе Q. Эти меньшие значения Q_D, главным образом, связаны с радионуклидами, излучающими внутренние конверсионные электроны.

I.50. Модели, используемые здесь при определении значений Q_D, могут также быть использованы для оценки возможного поступления радиоактивного материала пероральным путем. Предполагая, что

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

пероральным путем в организм может поступить все загрязнение с поверхности кожи площадью 10^{-3} м^2 (10 см^2) в течение 24 часов [I.26], результирующее поступление составит $10^{-6} \times Q_D$, сравнимое с полученным ранее поступлением $10^{-6} \times Q_C$ за счет ингаляции. Поскольку доза на единицу поступления при ингаляции обычно имеет тот же порядок или превышает дозу от поступления пероральным путем [I.9], в рамках системы Q для внутреннего загрязнения бета-излучателями обычно является ограничивающим ингаляционный путь. В случаях, когда это неприменимо, почти без исключений, $Q_D << Q_C$, и подробное рассмотрение перорального пути облучения не требуется.

Q_E – доза вследствие погружения в облако газообразных изотопов

I.51. Значение Q_E для газообразных изотопов, не поступающих в организм человека, определяется по дозе облучения от погружения в облако, образовавшееся при аварии в ходе перевозки радиоактивных материалов не особого вида как в сжатом, так и несжатом состоянии. Предполагается быстрый выход 100% содержимого упаковки в помещении склада или помещении для обработки груза с размерами 3 м × 10 м × 10 м и четырехкратным обменом воздуха в течение часа. Это приводит к начальной концентрации в воздухе $Q_E/300$ (м$^{-3}$), которая экспоненциально уменьшается с постоянной распада 4 час$^{-1}$ в результате вентиляции в течение последующих 30 мин облучения, что дает средний уровень концентрации $1{,}44 \times 10^{-3}\ Q_E$ (м$^{-3}$). За тот же период концентра-ция, ведущая к пределам дозы, указанным ранее, равна 4000 × DAC (Бк/м^3), где DAC – условная допустимая концентрация в воздухе, рекомендованная МКРЗ для профессионального облучения в течение 40 часов в неделю и 50 недель в году в помещении объемом 500 м^3 [I.2]. Использование критерия по радиационной защите, DAC, более не является подходящим, и поэтому в настоящих расчетах используется коэффициент эффективной дозы для погружения в полубесконечное облако, взятый из Руководящего федерального отчета № 12 Агентства по охране окружающей среды США (U.S.E.P.A. Federal Guidance Report No. 12) [I.28], как показано в табл. I.1.

Величина Q_E определяется выражением

$$Q_E = \frac{D}{d_f \times DRC_{subm}} \times C,$$

где

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

D – контрольная доза 0,05 Зв (или 0,5 Зв где Q_E ограничено облучением кожи),

d_f – интегрированная по времени концентрации в воздухе,

DRC_{subm} – коэффициент эффективной дозы для погружения в облако в Зв·Бк$^{-1}$·с$^{-1}$·м^3 (или коэффициент дозы на кожу для погружения – не приведен),

C – переводной коэффициент, определяющий размерность Q_E.

В этом уравнении значение d_f было принято равным 2,6 Бк·с·м$^{-3}$ на Бк вышедший в определенное помещение, а коэффициент C был принят равным 10^{-12} ТБк/Бк.

I.52. Так Q_E можно рассчитать из

$$Q_E(\text{TBq}) = \frac{1.9 \times 10^{-14}}{h_{sub}}$$

где h_{sub} – коэффициент эффективной дозы для погружения в облако в Зв·Бк$^{-1}$·с$^{-1}$·м^3.

Коэффициенты дозы и мощности дозы можно найти в табл. II.2 Приложения II.

ОСОБЫЕ СООБРАЖЕНИЯ

I.53. Дозиметрические модели, описанные в предыдущем разделе, применимы к подавляющему большинству интересующих радионуклидов и могут использоваться для определения их значений Q и соответствующих величин A_1 и A_2. Однако в ограниченном числе случаев эти модели неприменимы или нуждаются в доработке. В данном разделе обсуждаются особые соображения применительно к таким обстоятельствам.

Рассмотрение материнских и дочерних радионуклидов

I.54. В прежней системе Q предполагалось максимальное время перевозки 50 суток, и поэтому предполагалось, что продукты радиоактивного распада с периодом полураспада меньше 10 суток находятся в равновесии с их более долгоживущими материнскими радионуклидами. В таких случаях значения Q рассчитывались для материнских и дочерних радионуклидов, и ограничивающее значение

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБАЛИЦА I.1. ДОЗОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ПОГРУЖЕНИЯ В ОБЛАКО

Дозовые коэффициенты h_{sub} для погружения в облако (Зв·Бк$^{-1}$·с$^{-1}$·м^{3})			
Нуклид	h_{sub}	Нуклид	h_{sub}
Ar-37	0	Xe-122	2.19×10^{-15}
Ar-39	1.15×10^{-16}	Xe-123	2.82×10^{-14}
Ar-41	6.14×10^{-14}	Xe-127	1.12×10^{-14}
Ar-42	нет значения	Xe-131m	3.49×10^{-16}
Kr-81	2.44×10^{-16}	Xe-133	1.33×10^{-15}
Kr-85	2.40×10^{-16}	Xe-135	1.10×10^{-14}
Kr-85m	6.87×10^{-15}	Rn-218	3.40×10^{-17}
Kr-87	3.97×10^{-14}	Rn-219	2.46×10^{-15}
		Rn-220	1.72×10^{-17}
		Rn-222	1.77×10^{-17}

использовалось при определении A_1 и A_2 материнского радионуклида. В случаях, когда дочерний радионуклид имеет период полураспада либо более 10 суток, либо больше чем у материнского нуклида, рассматривалась смесь дочерних и материнских радионуклидов.

I.55. Критерий периода полураспада 10 суток остался. Предполагаются, что дочерние радионуклиды с периодом полураспада менее 10 суток находятся в вековом равновесии с более долгоживущим материнским радионуклидом; однако вклад дочерних радионуклидов в каждую величину Q суммируется с вкладом материнского нуклида. Это дает средства расчета для вторичных радионуклидов с ветвящимися фракциями менее единицы; например, Ba-137m образуется в 0,946 распадах его материнского нуклида Cs-137. Если период полураспада материнского нуклида менее 10 суток, а период полураспада дочернего нуклида более 10 суток, то грузоотправитель должен применять правило смешения. Например, упаковка, содержащая Ca-47 (4,53 суток) была рассчитана в переходном равновесии со своим дочерним радионуклидом Sc-47 (3,351 суток). Упаковка, содержащая Ge-77 (11,3 час.) будет рассчитана грузоотправителем как смесь Ge-77 и его дочернего нуклида As-77 (38,8 час.).

I.56. Иногда долгоживущий дочерний радионуклид образуется при распаде короткоживущего материнского радионуклида. В таких случаях

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

возможный вклад дочернего радионуклида в облучение не может быть оценен без знания времени перевозки и накопления дочерних нуклидов. Необходимо определить время перевозки и накопление дочерних нуклидов для упаковки и установить значения A_1/A_2, используя правило для смеси. В качестве примера рассмотрим Te-131m (30 h), распадающийся на Te-131 (25 мин.); последний в свою очередь распадается на I-131 (8,04 суток). Грузоотправитель должен применить правило для смеси к этой упаковке с активностью I-131 определенной исходя из времени перевозки и накопления дочерних нуклидов. Следует отметить, что приведенная выше трактовка цепей распада в некоторых случаях отличается от табл. I Перечня I Основных норм безопасности (BSS). В этой таблице наличие векового равновесия предполагается для всех цепочек распада. Цепочки распада, для которых вклад дочерних нуклидов включается в определение величины Q материнского нуклида, приведены в табл. I.3.

Альфа-излучатели

I.57. Для альфа-излучателей обычно не нужно рассчитывать значения Q_A или Q_B для материалов особого вида из-за их относительно слабого гамма- и бета-излучения. В Правилах издания 1973 года верхний предел альфа-излучателей особого вида был произвольно установлен равным $10^3 \times A_2$. Для этой процедуры нет дозиметрического обоснования, и признавая это, а также с учетом хорошей статистики перевозок радиоактивных материалов особого вида и с учетом уменьшения во многих случаях значений Q_C для альфа-излучателей в результате применения последних рекомендаций МКРЗ, было принято десятикратное увеличение произвольного коэффициента 10^3, приведенного выше. Соответственно, для альфа-излучателей особого вида дополнительная величина Q, а именно $Q_F = 10^4 \times Q_C$, определена и включена, где необходимо, в колонку Q_A таблиц для значений Q.

I.58. Радионуклид считается альфа-излучателем, если более, чем в 10^{-3} распадах он излучает альфа-частицы или при его распаде образуется альфа-излучатель. Например, Np-235, который распадается с излучением альфа-частиц в $1{,}4 \times 10^{-5}$ распадах, не является альфа-излучателем для целей рассмотрения материалов особого вида. Аналогично Pb-212 является альфа-излучателем, поскольку его дочерний нуклид Bi-212 подвержен альфа-распаду. В целом пределы материалов особого вида для альфа-излучателей увеличились с увеличением Q_C.

I.59. И наконец, в отношении перорального поступления альфа-излучателей применимы аргументы, аналогичные использованным в

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

случае бета-излучателей при рассмотрении Q_D, и путь облучения за счет ингаляции всегда накладывает большие ограничения, чем пероральный путь; поэтому последний не рассматривается подробно.

Нейтронные излучетали

I.60. Для нейтронных излучателей в системе Q изначально предполагалось, что ситуации с источниками (a,n) или (,n) либо со спонтанным источником нейтронов Cf-252, для которых доза от нейтронного излучения вносит значительный вклад в рассмотренные ранее пути внешнего или внутреннего облучения, неизвестны [I.4]. Однако в случае источника Cf-252, дозой от нейтронов пренебрегать нельзя. Данные, приведенные в Публикации 21 МКРЗ [I.29] для нейтронного и гамма-излучения, указывают мощность дозы $2{,}54 \times 10^3$ бэр/час на расстоянии 1 м от источника Cf-252 массой 1 г. В сочетании с указанным выше пределом мощности дозы 10 бэр/час на указанном расстоянии, для Cf-252 это дает величину Q_A, равную 0,095 ТБк. Двукратное увеличение согласно весовому коэффициенту для нейтронного излучения, рекомендованному МКРЗ [I.8] дает текущее значение для Q_A $4{,}7 \times 10^{-2}$. Это является более ограничивающим, чем значение 28 ТБк для Q_F, полученного на основе пересмотренного выражения для альфа-излучателей особого вида. Нейтронная компонента в дозе внешнего облучения от источника Cf-252 доминирует, и аналогичные соображения применимы к двум другим потенциальным спонтанным делящимся источникам Cm-248 и Cf-254. Значение Q_A для этих радионуклидов было оценено, исходя из того же коэффициента пересчета мощности дозы на единицу активности, что и в случае рассмотренного выше источника Cf-252, с допущением для них соответствующей мощности нейтронного излучения относительно мощности источника Cf-252.

Тормозное излучение

I.61. В целях защиты от возможного влияния тормозного излучения величины A_1 и A_2, приведенные в таблицах Правил издания 1973 года, были ограничены сверху пределом 1000 Ки. В рамках системы Q это ограничение осталось на уровне 40 ТБк. Оно было принято как произвольная величина отсечки без особой связи с тормозным излучением или иными дозиметрическими соображениями. Это осталось неизмененным.

I.62. Предварительная оценка тормозного излучения с соответствующими предположениями для Q_A и Q_B показывает, что цифра 40 ТБк

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

разумна. Однако, явное включение тормозного излучения в систему Q может ограничить A_1 и A_2 для некоторых нуклидов на уровне 20 ТБк, что в два раза меньше. Такой анализ является поддержкой для использования произвольной величины отсечки.

Тритий и его соединения

I.63. При разработке системы Q было признано, что жидкости, содержащие тритий, должны рассматриваться отдельно. Использовалась модель с разлитием большого количества воды, содержащей тритий, на ограниченной площади в результате пожара. На основе этих предположений в Правилах издания 1985 года значение A_2 для жидкостей с тритием было установлено равным 40 ТБк при дополнительном условии, что концентрация должна быть меньше, чем 1 ТБк/л. Внесение изменений в Правила издания 1996 года не рассматривалось как необходимое.

Радон и его дочерние продукты

I.64. Как отмечалось ранее, величина Q_E рассчитывается для благородных газов, которые не поступают в организм, и дочерние нуклиды которых являются либо стабильными, либо представляют собой другие благородные газы. В нескольких случаях это условие не выполняется, и следует учитывать иные дозиметрические пути помимо внешнего облучения от погружения в радиоактивное облако [I.30]. Единственным случаем, представляющим практический интерес в Правилах, является Rn-222, для которого доза на легкие вследствие ингаляции короткоживущих дочерних нуклидов специально рассмотрена МКРЗ [I.31].

I.65. Здесь при определении значений Q для Rn-222 учтены дочерние радионуклиды, перечисленные в табл. I.3. Соответствующее значение Q_C согласно расчету в Правилах издания 1985 года равно 3,6 ТБк; однако, допущение о 100% выходе радона вместо $10^{-3} \div 10^{-2}$ доли для аэрозолей, предусмотренное в модели Q_C, приводит к снижению значения Q_C до $3{,}6 \times 10^{-3} \div 3{,}6 \times 10^{-2}$ ТБк. Кроме того, если рассматривать Rn-222 с его дочерними нуклидами как благородный газ, то это дает значение $Q_E = 4{,}2 \times 10^{-3}$ ТБк, что ближе к нижнему пределу диапазона значений Q_C, и это все еще является пределом для упаковки типа А в случае материалов не особого вида, приведенным для Rn-222 в таблице величин Q. Дозиметрия радона продолжается, и эти значения могут быть пересмотрены в будущем.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ПРИМЕНЕНИЕ

Материалы с низкой удельной активностью с «неограниченными» значениями A_1 и A_2

I.66. В Правилах издания 1973 года была выделена категория материалов, удельная активность которых столь мала, что представляется немыслимым их поступление в организм, которое привело бы к значительному увеличению радиационной опасности, а именно материалы с низкой удельной активностью (НУА). Они были определены, исходя из того, что крайне маловероятно, чтобы индивидуум оставался в загрязненной атмосфере столь долго, чтобы вдохнуть более 10 мг материала. В этих условиях, если удельная активность материала такова, что поглощение такой массы эквивалентно предполагаемому поглощению активности 10^{-6} A_2 для человека, вовлеченного в аварию с упаковкой типа А, то этот материал не должен представлять опасность при транспортировке, большую, чем количества радиоактивного материала, транспортируемые в упаковках типа А. Эта гипотетическая модель оставлена в системе Q и приводит к критерию для НУА, равному $10^{-4} \times Q_C$/г; таким образом, значения Q для тех радионуклидов, чья удельная активность ниже указанного уровня обозначены как «неограниченные». Если этот критерий выполняется, то эффективная доза, связанная с поступлением (поглощением) 10 мг нуклида меньше, чем дозовый критерий 50 мЗв. Природный уран и торий, обедненный уран и другие материалы, такие как U-238, Th-232 и U-235, удовлетворяют вышеуказанному критерию. Расчеты с использованием новейших дозовых коэффициентов приведенных в Основных нормах безопасности [I.10] и в изданиях МКРЗ [I.9] показывают, что необлученный уран, обогащенный до < 20%, также удовлетворяет этому критерию, если основываться на смесях изотопов приведенных в документе ASTM (Американское общество по испытаниям и материалам) C996-90 [I.32]. Величины A_1 и A_2 для облученного переработанного урана следует рассчитывать на основе уравнения для смесей, принимая во внимание радионуклиды урана и продукты деления.

I.67. В представленных выше рассуждениях исключены соображения по поводу химической токсичности, для которой МКРЗ [I.33] рекомендовала предел дневного поглощения 2,5 мг.

I.68. Дальнейшее рассмотрение относительно материалов НУА в контексте модели загрязнения кожи, использованной при определении

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

величины Q_D, касается массы материала, которая может оставаться на коже в течение значительного периода времени. Согласованная точка зрения совещания специальной рабочей группы свелась к тому, что обычное присутствие 1 ÷ 10 мг/см^2 загрязнения на руках легко обнаруживается и быстро стирается или смывается вне зависимости от возможной активности. Было решено, что верхний предел этого диапазона может служить в качестве порога для массы материала, остающейся на коже, и вместе с рассмотренной ранее моделью загрязнения кожи для Q_D это дает предел $10^{-5} \times Q_D$/г для материалов НУА. На этой основе величины Q_D для радионуклидов, соответствующих данному критерию, в таблице величин Q также обозначены как «неограниченные».

Скорости утечки в нормальных условиях перевозки

I.69. При определении максимально допустимой скорости утечки для упаковок типа B в нормальных условиях перевозки в Правилах 1973 года издания в качестве наиболее неблагоприятных условий принималось, что работник проводит 20% своего рабочего времени в закрытом транспортном средстве объемом 50 м^3 при десятикратном воздухообмене в час. Считалось, что транспортное средство содержит упаковку типа B, имеющую утечку активности со скоростью r (Бк/час), и предполагалось консервативно, что результирующая концентрация активности в воздухе всегда находится в равновесии. На этой основе годовое поступление активности за счет ингаляции I_a человеком, работающим 2000 часов в год со средней интенсивностью дыхания 1,25 м^3/час, была рассчитана как

$$I_a = \frac{r}{50 \times 10} \times 1.25 \times 2000 \times 0.2$$

или

$$I_a = r.$$

I.70. Таким образом, максимальное годовое поступление активности равно активности, вышедшей за один час. Это поступление было приравнено к исторически сложившейся максимально допустимой квартальной дозе профессионального облучения (30 мЗв на все тело, гонады и красный костный мозг; 150 мЗв на кожу, щитовидную железу и кости; и 80 мЗв на другие отдельные органы), которая из определения A_2 соответствовала поступлению $A_2 \times 10^{-6}$. Следовательно, $r \le A_2 \times 10^{-6}$ в час.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.71. В этих выкладках предполагается, что все вышедшие материалы оказываются взвешенными в воздухе и могут вдыхаться, тем самым для многих материалов оценка может быть очень завышена. Кроме того, предполагается наличие равновесных условий в течение всего времени. Эти факторы совместно с принципом, что утечка из упаковок типа B должна быть минимальной, определили, что облучение транспортных работников будет составлять лишь малую долю предела МКРЗ для радиационных рабочих [I.5]. Кроме того, данный уровень консерватизма был сочтен адекватным, чтобы охватить маловероятные ситуации нескольких упаковок с протечками в одном транспортном средстве.

I.72. В Правилах издания 1985 года максимально допустимая скорость утечки из упаковок типа B в нормальных условиях перевозки не изменилась, хотя некоторые параметры, используемые в приведенных выше выкладках были обновлены. В частности, в тогдашних рекомендациях МКРЗ [I.16] квартальные пределы были заменены годовыми дозами или пределами поступления для радиационных рабочих. Это, в свою очередь, было внедрено в усовершенствованный метод, известный как система Q для значений A_1 и A_2 как пределов содержимого упаковок типа A.

I.73. Дозовый критерий 50 мЗв, используемый в системе Q, таков, что в рамках Основных норм безопасности (BSS) система находится в области потенциального облучения. При определении допустимых пределов утечки в обычных условиях перевозки для упаковок типа B необходимо учитывать самые новейшие дозовые пределы для работников, равные 20 мЗв в год, осредненные за 5 лет [I.8]. Более ранние модели предполагают крайне пессимистичную модель облучения в течение 2000 часов в год. Оставляя эту величину вместе с облучением в помещении 30 м × 10 м × 10 м при четырехкратном воздухообмене в час и интенсивности дыхания взрослого человека 1,25 м^3/час, допустимую скорость утечки r для эффективной дозы 20 мЗв можно рассчитать следующим образом:

$$r = \frac{20 \times 10^{-6} A_2}{50} \times \frac{3000 \times 4}{2000 \times 1.25} \text{ в час}$$

$$r = 1.9 \times 10^{-6} A_2 \text{ в час}$$

I.74. Принятые размеры помещения больше тех, которые предполагаются для резкого выхода активности в рамках системы Q. Однако, предполагаемое время облучения очень пессимистично. Облучение в течение 200 часов в значительно меньшем помещении объемом 300 м^3 может

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

привести к той же прогнозируемой эффективной дозе. Для случайного облучения на открытом воздухе человека вблизи упаковки типа B с протечкой максимальная доза вследствие ингаляции может быть много меньше.

I.75. Таким образом, существующий предел $10^{-6}A_2$ в час остался и, как показано, является консервативным. Опыт показывает, что упаковки при нормальной перевозке редко имеют скорость утечки близкую к предельно допустимой. В самом деле, такая утечка из упаковок, содержащих жидкости, может привести к очень серьезному загрязнению поверхности вблизи уплотнений, и была бы легко обнаружена в результате радиационного контроля в ходе перевозке или при приемке груза грузополучателем.

Скорости утечки для аварийных условий

I.76. Аварии такой степени тяжести, которая моделируется в испытаниях упаковок типа B, определенных Правилами, крайне маловероятны в условиях ограниченного пространства помещений, либо, если такая авария произошла, условия потребуют немедленную эвакуацию всех людей, находящихся поблизости [I.2]. Следовательно, сценарий облучения, представляющий интерес в данном контексте, это авария, происходящая на открытом воздухе. В такой ситуации радиационные последствия максимально допустимого выхода активности величиной A_2 за неделю от упаковки типа B можно выразить как предел эквивалентной дозы облучения лиц, непрерывно находящихся с подветренной стороны от поврежденной упаковки в течение времени выхода активности [I.34].

I.77. На практике маловероятно, что аварийный выход будет иметь место в течение всей недели. В большинстве ситуаций аварийная бригада прибудет на место аварии и предпримет эффективные восстановительные действия по ограничению выхода в течение нескольких часов. На этой основе максимальная эффективная доза от ингаляции для лиц, находящихся на расстоянии 50 ÷ 200 м по ветру от поврежденной упаковки типа B, при средних погодных условиях равна 1 ÷ 10 мЗв, и увеличивается приблизительно в 5 раз при менее вероятных в целом и преобладающих стабильных метеорологических условиях (см., например, Рис. 3 из [I.35]). Эффекты локальной герметизации и турбулентности в атмосфере вблизи радиоактивного источника плюс возможные эффекты поднимающегося шлейфа, если имеет место пожар, будут стремиться уменьшить пространственную неравномерность доз на расстояниях от источника,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

превышающих несколько десятков метров, и приблизить ее к нижней границе диапазона доз, указанного выше. Пренебрежение возможными дозами для лиц, находящихся в нескольких десятках метров от источника считается обоснованным, отчасти, за счет консервативного предположения непрерывного облучения с подветренной стороны от источника в течение всего периода выхода активности и, отчасти, тем фактом, что аварийный персонал в этой зоне должен работать при наличии дозиметрического контроля и наблюдения.

I.78. Особое положение для Kr-85, которое было введено в Правилах издания 1973 года, и было сохранено в Правилах издания 1985 года, основано на учете радиационных последствий выхода этого радионуклида. Допустимый выход величиной 10 A_2 первоначально был получен на основе сравнения потенциальной дозы облучения всего тела или любого критического органа человека, облученного на расстоянии примерно 20 м от источника Kr-85 и других не газообразных радионуклидов. В частности, было отмечено, что модель ингаляционного пути облучения, использованная при определении значений A_2 неприемлема для разреженного газа, который в значительной степени не проникает в ткани тела. Эта критика остается в силе и для Правил издания 1996 года, где в рамках системы Q значение A_2 для Kr-85 равно значению Q_E для дозы от погружения в облако для кожи лиц, облученных в помещении после быстрого выхода содержимого упаковки типа А при аварии. Можно показать, что даже допустимый выход величиной 10 A_2 для Kr-85 крайне консервативен по сравнению с эквивалентными значениями A_2 для других не газообразных радионуклидов. Для выхода величиной A_2, подверженного разбавлению в степени d_f, максимальная результирующая эффективная доза за счет ингаляции D_{inh} определяется по выражению:

$$D_{inh} = A_2 \times d_f \times 3.3 \times 10^{-4} \times \frac{50}{A_2 \times 10^{-6}} \text{ (мЗв)},$$

где $3{,}3 \times 10^{-4}$ – средняя интенсивность дыхания взрослого человека в $м^3/с$, а поступление $A_2 \times 10^{-6}$ уравнено с дозой 50 мЗв.

На этой же основе выход 10 A_2 для Kr-85 (100 ТБк) приводит к дозе от погружения в облако, определяемой по выражению:

$$D_{subm} = 100 \times d_f \times 2{,}4 \times 10^{-1} \text{ (мЗв)}$$

где $2{,}4 \times 10^{-1}$ – коэффициент дозы от погружения в облако в $мЗв \cdot м^3 \cdot ТБк^{-1} \cdot сек^{-1}$.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

I.79. Из приведенных выше выражений D_{inh}/D_{subm} равно приблизительно 680. Таким образом, предел выхода активности из упаковки типа B для Kr-85 представляется более, чем на два порядка величины консервативнее по сравнению с другими не газообразными радионуклидами.

ТАБЛИЦЫ ЗНАЧЕНИЙ Q

I.80. Полный перечень значений Q, определенных на основе моделей, описанных в предыдущих разделах, представлен в табл. I.2. Туда также включены соответствующие значения A_1 и A_2 пределов содержимого упаковок типа A для радиоактивных материалов особого вида и радиоактивных материалов, не относящихся к особому виду, соответственно. Значения Q в табл. I.2 округлены до двух значащих цифр, а значения A_1 и A_2 – до одной; в последнем случае также применен условный (произвольный) предел 40 ТБк.

I.81. В целом, новые значения лежат в пределах диапазона, определяемого троекратным изменением более ранних величин; имеется несколько радионуклидов, для которых новые значения A_1 и A_2 выходят за пределы этого диапазона. Несколько десятков радионуклидов имеют новые значения A_1, превышающие прежние в 10 ÷ 100 раз. Это имеет место главным образом из-за усовершенствования моделирования бета-излучателей. Не имеется новых значений A_1 и A_2, более чем в десять раз меньших, чем предыдущие значения для тех же самых радионуклидов. Некоторые радионуклиды, включенные ранее, теперь исключены из перечня, но включены дополнительные изомеры Eu-150 и Np-236.

Рассмотрение физических и химических свойств

I.82. Еще одним фактором, рассмотренным на совещании Специальной рабочей группы была необходимость применения дополнительных пределов для материалов, физические свойства которых могут сделать неприменимыми предположения, использованные при выводе значений Q, обсуждавшихся выше. Такие соображения характерны для материалов, которые могут стать летучими при повышенных температурах, возможных при пожаре, либо которые могут перевозиться в виде очень тонко измельченных порошков, и особенно для моделей, использованных при определении значений Q_C. Однако в итоге был сделан вывод, что только в крайне экстремальных обстоятельствах принятый коэффициент

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. ПРЕДЕЛЫ СОДЕРЖИМОГО УПАКОВКИ А: Q_A, Q_B, Q_C, и т.д. Значения и пределы материалов особого вида (A_1) и не особого вида (A_2)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Ac-225		$4.9 \times 10^{+00}$	8.5×10^{-01}	6.3×10^{-03}	3.0×10^{-01}	8×10^{-01}	6×10^{-03}
Ac-227	a	9.3×10^{-01}	$1.3 \times 10^{+02}$	9.3×10^{-05}	$3.7 \times 10^{+01}$	9×10^{-01}	9×10^{-05}
Ac-228		$1.2 \times 10^{+00}$	5.6×10^{-01}	$2.0 \times 10^{+00}$	5.2×10^{-01}	6×10^{-01}	5×10^{-01}
Ag-105		$2.0 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.3 \times 10^{+01}$	$2.5 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Ag-108m		6.5×10^{-01}	$5.9 \times 10^{+00}$	$1.4 \times 10^{+00}$	$6.0 \times 10^{+00}$	7×10^{-01}	7×10^{-01}
Ag-110m		4.2×10^{-01}	$1.9 \times 10^{+01}$	$4.2 \times 10^{+00}$	$2.1 \times 10^{+00}$	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Ag-111		$4.1 \times 10^{+01}$	$1.9 \times 10^{+00}$	$2.9 \times 10^{+01}$	6.2×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Al-26		4.3×10^{-01}	1.4×10^{-01}	$2.8 \times 10^{+00}$	7.1×10^{-01}	1×10^{-01}	1×10^{-01}
Am-241	a	$1.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.3×10^{-03}	$3.8 \times 10^{+02}$	$1 \times 10^{+01}$	1×10^{-03}
Am-242m	a	$1.4 \times 10^{+01}$	$5.0 \times 10^{+01}$	1.4×10^{-03}	8.4×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	1×10^{-03}
Am-243		$5.0 \times 10^{+00}$	$2.6 \times 10^{+02}$	1.3×10^{-03}	4.1×10^{-01}	$5 \times 10^{+00}$	1×10^{-03}
Ar-37		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	—	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Ar-39		—	$7.3 \times 10^{+01}$	—	$1.8 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$
Ar-41		8.8×10^{-01}	3.1×10^{-01}	—	3.1×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
As-72		6.1×10^{-01}	2.8×10^{-01}	$5.4 \times 10^{+01}$	6.5×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
As-73		$9.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.4 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
As-74		$1.4 \times 10^{+00}$	$1.7 \times 10^{+00}$	$2.4 \times 10^{+01}$	9.4×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	9×10^{-01}
As-76		$2.5 \times 10^{+00}$	2.5×10^{-01}	$6.8 \times 10^{+01}$	5.9×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
As-77		$1.3 \times 10^{+02}$	$1.8 \times 10^{+01}$	$1.3 \times 10^{+02}$	6.5×10^{-01}	$2 \times 10^{+01}$	7×10^{-01}
At-211		$2.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	5.1×10^{-01}	$4.4 \times 10^{+02}$	$2 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}
Au-193		$7.0 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.2 \times 10^{+02}$	$1.8 \times 10^{+00}$	$7 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Au-194		$1.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.0 \times 10^{+02}$	$6.1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Au-195		$1.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.1 \times 10^{+01}$	$5.5 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+01}$	$6 \times 10^{+00}$
Au-198		$2.6 \times 10^{+00}$	$1.1 \times 10^{+00}$	$6.0 \times 10^{+01}$	6.1×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Au-199		$1.4 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.7 \times 10^{+01}$	6.4×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	6×10^{-01}
Ba-131		$1.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.9 \times 10^{+02}$	$2.2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Ba-133		$2.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Ba-133m		$1.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.6 \times 10^{+02}$	6.2×10^{-01}	$2 \times 10^{+01}$	6×10^{-01}
Ba-140		6.3×10^{-01}	4.5×10^{-01}	$2.4 \times 10^{+01}$	3.1×10^{-01}	5×10^{-01}	3×10^{-01}
Be-7		$2.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$9.4 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$
Be-10		—	$5.8 \times 10^{+01}$	$1.5 \times 10^{+00}$	5.8×10^{-01}	$4 \times 10^{+01}$	6×10^{-01}
Bi-205		6.9×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.4 \times 10^{+01}$	$1.1 \times 10^{+01}$	7×10^{-01}	7×10^{-01}
Bi-206		3.4×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.9 \times 10^{+01}$	$1.1 \times 10^{+00}$	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Bi-207		7.1×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$9.4 \times 10^{+00}$	$5.0 \times 10^{+00}$	7×10^{-01}	7×10^{-01}
Bi-210		—	$1.3 \times 10^{+00}$	6.0×10^{-01}	6.2×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Bi-210m		$4.3 \times 10^{+00}$	6.2×10^{-01}	1.6×10^{-02}	4.9×10^{-01}	6×10^{-01}	2×10^{-02}
Bi-212		$1.0 \times 10^{+00}$	6.5×10^{-01}	$1.7 \times 10^{+00}$	5.8×10^{-01}	7×10^{-01}	6×10^{-01}
Bk-247	a	$7.7 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	7.7×10^{-04}	$1.4 \times 10^{+00}$	$8 \times 10^{+00}$	8×10^{-04}
Bk-249		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	3.3×10^{-01}	$1.2 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$	3×10^{-01}
Br-76		4.4×10^{-01}	6.3×10^{-01}	$1.2 \times 10^{+02}$	9.9×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Br-77		$3.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.7 \times 10^{+02}$	$2.3 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Br-82		4.1×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$7.8 \times 10^{+01}$	7.7×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
C-11		$1.0 \times 10^{+00}$	$2.0 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	5.8×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
C-14		—	$1.0 \times 10^{+03}$	$8.6 \times 10^{+01}$	$3.2 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+00}$
Ca-41		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Ca-45		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.9 \times 10^{+01}$	$1.2 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+00}$
Ca-47		$2.7 \times 10^{+00}$	$3.7 \times 10^{+01}$	$2.0 \times 10^{+01}$	3.3×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	3×10^{-01}
Cd-109		$2.9 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.2 \times 10^{+00}$	$1.9 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$
Cd-113m		—	$9.1 \times 10^{+01}$	4.5×10^{-01}	6.9×10^{-01}	$4 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}
Cd-115		$3.9 \times 10^{+00}$	$3.3 \times 10^{+00}$	$4.3 \times 10^{+01}$	3.9×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	4×10^{-01}
Cd-115m		$5.0 \times 10^{+01}$	5.2×10^{-01}	$6.8 \times 10^{+00}$	6.1×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Ce-139		$6.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.8 \times 10^{+01}$	$2.2 \times 10^{+00}$	$7 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Ce-141		$1.6 \times 10^{+01}$	$3.2 \times 10^{+02}$	$1.4 \times 10^{+01}$	5.8×10^{-01}	$2 \times 10^{+01}$	6×10^{-01}
Ce-143		$3.7 \times 10^{+00}$	8.9×10^{-01}	$6.2 \times 10^{+01}$	6.0×10^{-01}	9×10^{-01}	6×10^{-01}
Ce-144		$2.2 \times 10^{+01}$	2.5×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+00}$	3.8×10^{-01}	2×10^{-01}	2×10^{-01}
Cf-248	a	$6.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	6.1×10^{-03}	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	6×10^{-03}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Cf-249		$3.2 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	7.6×10^{-04}	$4.6 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$	8×10^{-04}
Cf-250	a	$1.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.6×10^{-03}	$1.0 \times 10^{+03}$	$2 \times 10^{+01}$	2×10^{-03}
Cf-251	a	$7.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	7.5×10^{-04}	5.2×10^{-01}	$7 \times 10^{+00}$	7×10^{-04}
Cf-252		4.7×10^{-02}	$1.0 \times 10^{+03}$	2.8×10^{-03}	$5.2 \times 10^{+02}$	5×10^{-02}	3×10^{-03}
Cf-253	a	$4.2 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	4.2×10^{-02}	$1.2 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	4×10^{-02}
Cf-254		1.4×10^{-03}	$1.0 \times 10^{+03}$	1.4×10^{-03}	$1.0 \times 10^{+03}$	1×10^{-03}	1×10^{-03}
Cl-36		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+01}$	$7.2 \times 10^{+00}$	6.3×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	6×10^{-01}
Cl-38		8.1×10^{-01}	2.2×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	5.6×10^{-01}	2×10^{-01}	2×10^{-01}
Cm-240	a	$1.7 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.7×10^{-02}	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	2×10^{-02}
Cm-241		$2.2 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.3 \times 10^{+00}$	$1.5 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Cm-242	a	$1.0 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.0×10^{-02}	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	1×10^{-02}
Cm-243		$8.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.3×10^{-03}	8.3×10^{-01}	$9 \times 10^{+00}$	1×10^{-03}
Cm-244	a	$1.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.6×10^{-03}	$1.0 \times 10^{+03}$	$2 \times 10^{+01}$	2×10^{-03}
Cm-245	a	$9.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	9.1×10^{-04}	$2.7 \times 10^{+00}$	$9 \times 10^{+00}$	9×10^{-04}
Cm-246	a	$9.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	9.1×10^{-04}	$1.0 \times 10^{+03}$	$9 \times 10^{+00}$	9×10^{-04}
Cm-247		$3.2 \times 10^{+00}$	$1.6 \times 10^{+02}$	9.8×10^{-04}	Неогранич.	$3 \times 10^{+00}$	1×10^{-03}
Cm-248		1.8×10^{-02}	$1.0 \times 10^{+03}$	2.5×10^{-04}	Неогранич.	2×10^{-02}	3×10^{-04}
Co-55		5.4×10^{-01}	9.7×10^{-01}	$9.1 \times 10^{+01}$	7.7×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Co-56		3.3×10^{-01}	$1.5 \times 10^{+01}$	$7.8 \times 10^{+00}$	$2.9 \times 10^{+00}$	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Co-57		$1.0 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.3 \times 10^{+01}$	$1.3 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$
Co-58		$1.1 \times 10^{+00}$	$7.8 \times 10^{+02}$	$2.5 \times 10^{+01}$	$3.8 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Co-58m		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Co-60		4.5×10^{-01}	$7.3 \times 10^{+02}$	$1.7 \times 10^{+00}$	9.7×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Cr-51		$3.4 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+01}$
Cs-129		$3.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.7 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+00}$
Cs-131		$3.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+01}$
Cs-132		$1.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.1 \times 10^{+02}$	$2.5 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Cs-134		6.9×10^{-01}	$3.6 \times 10^{+00}$	$7.4 \times 10^{+00}$	9.2×10^{-01}	7×10^{-01}	7×10^{-01}
Cs-134m		$3.7 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	6.3×10^{-01}	$4 \times 10^{+01}$	6×10^{-01}
Cs-135		—	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогранич.	$1.5 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+00}$
Cs-136		5.1×10^{-01}	$8.3 \times 10^{+02}$	$3.8 \times 10^{+01}$	7.0×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Cs-137		$1.8 \times 10^{+00}$	$8.2 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+01}$	6.3×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Cu-64		$5.6 \times 10^{+00}$	$1.1 \times 10^{+02}$	$4.2 \times 10^{+02}$	$1.1 \times 10^{+00}$	$6 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Cu-67		$1.0 \times 10^{+01}$	$4.1 \times 10^{+02}$	$8.6 \times 10^{+01}$	6.9×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	7×10^{-01}
Dy-159		$2.0 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.4 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$
Dy-165		$4.1 \times 10^{+01}$	9.4×10^{-01}	$8.2 \times 10^{+02}$	6.1×10^{-01}	9×10^{-01}	6×10^{-01}
Dy-166		$3.4 \times 10^{+01}$	8.6×10^{-01}	$2.0 \times 10^{+01}$	3.4×10^{-01}	9×10^{-01}	3×10^{-01}
Er-169		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.1 \times 10^{+01}$	9.5×10^{-01}	$4 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+00}$
Er-171		$2.9 \times 10^{+00}$	8.3×10^{-01}	$2.3 \times 10^{+02}$	5.1×10^{-01}	8×10^{-01}	5×10^{-01}
Eu-147		$2.2 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.0 \times 10^{+01}$	$3.8 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Eu-148		5.1×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.9 \times 10^{+01}$	$1.9 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Eu-149		$1.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.9 \times 10^{+02}$	$7.4 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$
Eu-150 (34 y)		7.2×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+00}$	$7.1 \times 10^{+00}$	7×10^{-01}	7×10^{-01}
Eu-150 (13 h)		$2.3 \times 10^{+01}$	$1.5 \times 10^{+00}$	$2.6 \times 10^{+02}$	6.9×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	7×10^{-01}
Eu-152		9.6×10^{-01}	$1.7 \times 10^{+02}$	$1.3 \times 10^{+00}$	$1.3 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Eu-152m		$3.7 \times 10^{+00}$	8.1×10^{-01}	$2.3 \times 10^{+02}$	7.8×10^{-01}	8×10^{-01}	8×10^{-01}
Eu-154		9.0×10^{-01}	$1.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+00}$	5.5×10^{-01}	9×10^{-01}	6×10^{-01}
Eu-155		$1.9 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$7.7 \times 10^{+00}$	$3.2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+00}$
Eu-156		8.8×10^{-01}	7.4×10^{-01}	$1.5 \times 10^{+01}$	6.7×10^{-01}	7×10^{-01}	7×10^{-01}
F-18		$1.0 \times 10^{+00}$	$2.8 \times 10^{+01}$	$8.3 \times 10^{+02}$	5.8×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Fe-52		4.1×10^{-01}	3.2×10^{-01}	$7.6 \times 10^{+01}$	3.7×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Fe-55		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Fe-59		9.4×10^{-01}	$4.4 \times 10^{+01}$	$1.4 \times 10^{+01}$	8.9×10^{-01}	9×10^{-01}	9×10^{-01}
Fe-60		$2.0 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	2.1×10^{-01}	$3.7 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	2×10^{-01}
Ga-67		$7.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.2 \times 10^{+02}$	$3.2 \times 10^{+00}$	$7 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Ga-68		$1.1 \times 10^{+00}$	4.6×10^{-01}	$9.8 \times 10^{+02}$	6.6×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Ga-72		4.3×10^{-01}	3.7×10^{-01}	$9.1 \times 10^{+01}$	6.2×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Gd-146		5.3×10^{-01}	$2.9 \times 10^{+02}$	$7.3 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+00}$	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Gd-148	a	$2.0 \times 10^{+01}$	—	2.0×10^{-03}	—	$2 \times 10^{+01}$	2×10^{-03}
Gd-153		$9.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.4 \times 10^{+01}$	$8.9 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+01}$	$9 \times 10^{+00}$
Gd-159		$2.1 \times 10^{+01}$	$3.1 \times 10^{+00}$	$1.9 \times 10^{+02}$	6.4×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Ge-68		$1.1 \times 10^{+00}$	4.6×10^{-01}	$3.8 \times 10^{+00}$	6.6×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Ge-71		$5.2 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Ge-77		$1.1 \times 10^{+00}$	3.3×10^{-01}	$1.4 \times 10^{+02}$	6.0×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Hf-172		5.8×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.5 \times 10^{+00}$	$1.7 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}	6×10^{-01}
Hf-175		$2.9 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.5 \times 10^{+01}$	$4.7 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Hf-181		$1.9 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.1 \times 10^{+01}$	5.0×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	5×10^{-01}
Hf-182		$4.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Hg-194		$1.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.3 \times 10^{+00}$	$6.1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Hg-195m		$3.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.3 \times 10^{+00}$	7.3×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	7×10^{-01}
Hg-197		$1.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.1 \times 10^{+01}$	$1.6 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$
Hg-197m		$1.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$8.1 \times 10^{+00}$	3.5×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	4×10^{-01}
Hg-203		$4.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.7 \times 10^{+00}$	$1.1 \times 10^{+00}$	$5 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Ho-166		$3.8 \times 10^{+01}$	4.4×10^{-01}	$7.6 \times 10^{+01}$	5.8×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Ho-166m		6.2×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	4.5×10^{-01}	$1.3 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}	5×10^{-01}
I-123		$6.3 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.3 \times 10^{+02}$	$2.9 \times 10^{+00}$	$6 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
I-124		$1.1 \times 10^{+00}$	$6.0 \times 10^{+00}$	$3.8 \times 10^{+00}$	$2.5 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
I-125		$1.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.3 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+00}$
I-126		$2.3 \times 10^{+00}$	$6.4 \times 10^{+00}$	$1.7 \times 10^{+00}$	$1.3 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
I-129		$2.9 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
I-131		$2.8 \times 10^{+00}$	$2.0 \times 10^{+01}$	$2.3 \times 10^{+00}$	6.9×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	7×10^{-01}
I-132		4.8×10^{-01}	4.4×10^{-01}	$1.8 \times 10^{+02}$	6.1×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
I-133		$1.8 \times 10^{+00}$	7.3×10^{-01}	$1.1 \times 10^{+01}$	6.2×10^{-01}	7×10^{-01}	6×10^{-01}
I-134		4.2×10^{-01}	3.2×10^{-01}	$6.9 \times 10^{+02}$	5.9×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
I-135		8.2×10^{-01}	6.2×10^{-01}	$5.2 \times 10^{+01}$	6.2×10^{-01}	6×10^{-01}	6×10^{-01}
In-111		$2.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.2 \times 10^{+02}$	$3.0 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
In-113m		$4.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.6 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
In-114m		$1.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.4 \times 10^{+00}$	4.8×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}
In-115m		$6.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$8.3 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+00}$	$7 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Ir-189		$1.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$9.1 \times 10^{+01}$	$1.8 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$
Ir-190		7.5×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.2 \times 10^{+01}$	7.5×10^{-01}	7×10^{-01}	7×10^{-01}
Ir-192		$1.3 \times 10^{+00}$	$4.6 \times 10^{+01}$	$8.1 \times 10^{+00}$	6.1×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Ir-194		$1.2 \times 10^{+01}$	3.3×10^{-01}	$8.9 \times 10^{+01}$	5.9×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
K-40		$7.3 \times 10^{+00}$	9.4×10^{-01}	Неогран.	Неогран.	9×10^{-01}	9×10^{-01}
K-42		$4.2 \times 10^{+00}$	2.2×10^{-01}	$3.8 \times 10^{+02}$	5.7×10^{-01}	2×10^{-01}	2×10^{-01}
K-43		$1.1 \times 10^{+00}$	7.3×10^{-01}	$3.3 \times 10^{+02}$	6.2×10^{-01}	7×10^{-01}	6×10^{-01}
Kr-81		$1.1 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	—	$7.9 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Kr-85		$4.8 \times 10^{+02}$	$1.4 \times 10^{+01}$	—	$1.4 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$
Kr-85m		$7.5 \times 10^{+00}$	$7.6 \times 10^{+00}$	—	$2.8 \times 10^{+00}$	$8 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Kr-87		$1.5 \times 10^{+00}$	2.1×10^{-01}	—	4.8×10^{-01}	2×10^{-01}	2×10^{-01}
La-137		$3.0 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.7 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3 \times 10^{+01}$	$6 \times 10^{+00}$
La-140		4.9×10^{-01}	3.7×10^{-01}	$4.5 \times 10^{+01}$	6.0×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Lu-172		5.9×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.3 \times 10^{+01}$	$2.2 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}	6×10^{-01}
Lu-173		$8.0 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.2 \times 10^{+01}$	$1.7 \times 10^{+01}$	$8 \times 10^{+00}$	$8 \times 10^{+00}$
Lu-174		$8.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.3 \times 10^{+01}$	$2.9 \times 10^{+01}$	$9 \times 10^{+00}$	$9 \times 10^{+00}$
Lu-174m		$1.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.3 \times 10^{+01}$	$3.7 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$
Lu-177		$3.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.2 \times 10^{+01}$	7.3×10^{-01}	$3 \times 10^{+01}$	7×10^{-01}
Mg-28		3.7×10^{-01}	2.5×10^{-01}	$2.6 \times 10^{+01}$	3.2×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Mn-52		3.2×10^{-01}	$7.3 \times 10^{+02}$	$3.6 \times 10^{+01}$	$1.9 \times 10^{+00}$	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Mn-53		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Mn-54		$1.3 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Mn-56		6.7×10^{-01}	3.0×10^{-01}	$3.8 \times 10^{+02}$	6.0×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Mo-93		$8.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$
Mo-99		$6.2 \times 10^{+00}$	$1.3 \times 10^{+00}$	$5.1 \times 10^{+01}$	5.5×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
N-13		$1.0 \times 10^{+00}$	9.3×10^{-01}	—	5.8×10^{-01}	9×10^{-01}	6×10^{-01}
Na-22		5.0×10^{-01}	$3.8 \times 10^{+00}$	$3.8 \times 10^{+01}$	6.5×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Na-24		3.0×10^{-01}	2.0×10^{-01}	$1.7 \times 10^{+02}$	6.0×10^{-01}	2×10^{-01}	2×10^{-01}
Nb-93m		$4.9 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+01}$
Nb-94		6.8×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.1 \times 10^{+00}$	7.0×10^{-01}	7×10^{-01}	7×10^{-01}
Nb-95		$1.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.1 \times 10^{+01}$	$4.0 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Nb-97		$1.6 \times 10^{+00}$	9.0×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	6.1×10^{-01}	9×10^{-01}	6×10^{-01}
Nd-147		$7.4 \times 10^{+00}$	$5.6 \times 10^{+00}$	$2.2 \times 10^{+01}$	6.5×10^{-01}	$6 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Nd-149		$2.9 \times 10^{+00}$	6.3×10^{-01}	$5.6 \times 10^{+02}$	5.1×10^{-01}	6×10^{-01}	5×10^{-01}
Ni-59		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Ni-63		—	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.9 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+01}$
Ni-65		$2.1 \times 10^{+00}$	4.4×10^{-01}	$5.7 \times 10^{+02}$	6.1×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Np-235		$1.4 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.3 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Np-236 (0.1 My)		$8.7 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.7×10^{-02}	5.0×10^{-01}	$9 \times 10^{+00}$	2×10^{-02}
Np-236 (22 h)		$2.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+01}$	$1.5 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$
Np-237	a	$2.4 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	2.4×10^{-03}	Неогран.	$2 \times 10^{+01}$	2×10^{-03}
Np-239		$6.7 \times 10^{+00}$	$2.6 \times 10^{+02}$	$5.6 \times 10^{+01}$	4.1×10^{-01}	$7 \times 10^{+00}$	4×10^{-01}
Os-185		$1.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.3 \times 10^{+01}$	$2.3 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Os-191		$1.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.8 \times 10^{+01}$	$2.3 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$
Os-191m		$1.3 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.3 \times 10^{+02}$	$2.7 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+01}$
Os-193		$1.5 \times 10^{+01}$	$1.6 \times 10^{+00}$	$9.8 \times 10^{+01}$	5.9×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Os-194		$1.2 \times 10^{+01}$	3.1×10^{-01}	6.3×10^{-01}	5.9×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
P-32		—	4.5×10^{-01}	$1.6 \times 10^{+01}$	6.0×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
P-33		—	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.6 \times 10^{+01}$	$1.2 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+00}$
Pa-230		$1.7 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	6.6×10^{-02}	$2.1 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	7×10^{-02}
Pa-231	a	$3.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	3.8×10^{-04}	$1.8 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+00}$	4×10^{-04}
Pa-233		$5.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.4 \times 10^{+01}$	6.5×10^{-01}	$5 \times 10^{+00}$	7×10^{-01}
Pb-201		$1.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$7.7 \times 10^{+02}$	$3.3 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Pb-202		$9.0 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	$1.6 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$
Pb-203		$3.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.5 \times 10^{+02}$	$2.6 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Pb-205		$8.3 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Pb-210		$2.4 \times 10^{+02}$	$1.3 \times 10^{+00}$	5.1×10^{-02}	6.2×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	5×10^{-02}
Pb-212		$1.0 \times 10^{+00}$	7.0×10^{-01}	2.2×10^{-01}	2.7×10^{-01}	7×10^{-01}	2×10^{-01}
Pd-103		$4.7 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.2 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Pd-107		—	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Pd-109		$7.0 \times 10^{+01}$	$1.9 \times 10^{+00}$	$1.4 \times 10^{+02}$	4.7×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	5×10^{-01}
Pm-143		$3.3 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.6 \times 10^{+01}$	$3.6 \times 10^{+02}$	$3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Pm-144		6.7×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.4 \times 10^{+00}$	$3.4 \times 10^{+01}$	7×10^{-01}	7×10^{-01}
Pm-145		$2.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$
Pm-147		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.1 \times 10^{+01}$	$1.7 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$
Pm-148m		8.3×10^{-01}	$7.6 \times 10^{+00}$	$9.1 \times 10^{+00}$	7.2×10^{-01}	8×10^{-01}	7×10^{-01}
Pm-149		$1.0 \times 10^{+02}$	$1.7 \times 10^{+00}$	$6.9 \times 10^{+01}$	6.2×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Pm-151		$3.3 \times 10^{+00}$	$1.8 \times 10^{+00}$	$1.1 \times 10^{+02}$	6.1×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Po-210	a	$1.7 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.7×10^{-02}	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	2×10^{-02}
Pr-142		$2.0 \times 10^{+01}$	3.6×10^{-01}	$8.9 \times 10^{+01}$	6.0×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Pr-143		$1.0 \times 10^{+03}$	$3.0 \times 10^{+00}$	$2.2 \times 10^{+01}$	6.3×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Pt-188		9.7×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.7 \times 10^{+01}$	7.8×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	8×10^{-01}
Pt-191		$3.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.5 \times 10^{+02}$	$3.5 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Pt-193		$8.7 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Pt-193m		$9.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.8 \times 10^{+02}$	5.5×10^{-01}	$4 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}
Pt-195m		$1.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.6 \times 10^{+02}$	4.8×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}
Pt-197		$4.7 \times 10^{+01}$	$2.4 \times 10^{+01}$	$5.5 \times 10^{+02}$	6.3×10^{-01}	$2 \times 10^{+01}$	6×10^{-01}
Pt-197m		$1.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	5.8×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	6×10^{-01}
Pu-236	a	$2.8 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	2.8×10^{-03}	$6.5 \times 10^{+02}$	$3 \times 10^{+01}$	3×10^{-03}
Pu-237		$2.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.4 \times 10^{+02}$	$1.2 \times 10^{+02}$	$2 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$
Pu-238	a	$1.2 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.2×10^{-03}	$1.0 \times 10^{+03}$	$1 \times 10^{+01}$	1×10^{-03}
Pu-239	a	$1.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.1×10^{-03}	Неогран.	$1 \times 10^{+01}$	1×10^{-03}
Pu-240	a	$1.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.1×10^{-03}	Неогран.	$1 \times 10^{+01}$	1×10^{-03}
Pu-241		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	5.9×10^{-02}	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	6×10^{-02}
Pu-242	a	$1.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.1×10^{-03}	Неогран.	$1 \times 10^{+01}$	1×10^{-03}
Pu-244		$3.1 \times 10^{+00}$	3.8×10^{-01}	1.1×10^{-03}	Неогран.	4×10^{-01}	1×10^{-03}
Ra-223		$3.9 \times 10^{+00}$	4.0×10^{-01}	7.2×10^{-03}	2.6×10^{-01}	4×10^{-01}	7×10^{-03}
Ra-224		$1.1 \times 10^{+00}$	4.3×10^{-01}	1.6×10^{-02}	2.7×10^{-01}	4×10^{-01}	2×10^{-02}
Ra-225		$1.2 \times 10^{+01}$	2.2×10^{-01}	3.6×10^{-03}	2.3×10^{-01}	2×10^{-01}	4×10^{-03}
Ra-226		6.5×10^{-01}	2.5×10^{-01}	2.7×10^{-03}	2.7×10^{-01}	2×10^{-01}	3×10^{-03}
Ra-228		$1.2 \times 10^{+00}$	5.6×10^{-01}	1.9×10^{-02}	5.2×10^{-01}	6×10^{-01}	2×10^{-02}
Rb-81		$1.7 \times 10^{+00}$	$1.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	8.3×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	8×10^{-01}
Rb-83		$2.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.9 \times 10^{+01}$	$4.3 \times 10^{+02}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Rb-84		$1.2 \times 10^{+00}$	$4.0 \times 10^{+01}$	$4.5 \times 10^{+01}$	$2.2 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Rb-86		$1.2 \times 10^{+01}$	4.8×10^{-01}	$5.2 \times 10^{+01}$	6.1×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Rb-87		—	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Rb(nat)		—	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Re-184		$1.2 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.8 \times 10^{+01}$	$1.7 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Re-184m		$2.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$8.2 \times 10^{+00}$	$1.2 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Re-186		$5.8 \times 10^{+01}$	$2.0 \times 10^{+00}$	$4.5 \times 10^{+01}$	5.9×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Re-187		—	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Re-188		$2.0 \times 10^{+01}$	3.5×10^{-01}	$9.1 \times 10^{+01}$	5.4×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Re-189		$3.2 \times 10^{+01}$	$2.5 \times 10^{+00}$	$1.2 \times 10^{+02}$	5.7×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Re(nat)		—	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Rh-99		$1.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.0 \times 10^{+01}$	$7.5 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Rh-101		$4.3 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$9.8 \times 10^{+00}$	$2.6 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Rh-102		5.0×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.1 \times 10^{+00}$	$5.4 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Rh-102m		$2.2 \times 10^{+00}$	$8.9 \times 10^{+00}$	$7.5 \times 10^{+00}$	$1.8 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Rh-103m		$4.5 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Rh-105		$1.4 \times 10^{+01}$	$1.8 \times 10^{+02}$	$1.5 \times 10^{+02}$	7.9×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	8×10^{-01}
Rn-222		6.7×10^{-01}	2.6×10^{-01}	—	4.2×10^{-03}	3×10^{-01}	4×10^{-03}
Ru-97		$4.7 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.5 \times 10^{+02}$	$1.3 \times 10^{+01}$	$5 \times 10^{+00}$	$5 \times 10^{+00}$
Ru-103		$2.2 \times 10^{+00}$	$2.0 \times 10^{+02}$	$1.8 \times 10^{+01}$	$1.6 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Ru-105		$1.4 \times 10^{+00}$	$1.2 \times 10^{+00}$	$2.8 \times 10^{+02}$	6.1×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Ru-106		$5.3 \times 10^{+00}$	2.2×10^{-01}	8.1×10^{-01}	5.7×10^{-01}	2×10^{-01}	2×10^{-01}
S-35		—	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.8 \times 10^{+01}$	$3.0 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+00}$
Sb-122		$2.4 \times 10^{+00}$	4.3×10^{-01}	$5.0 \times 10^{+01}$	6.2×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Sb-124		6.2×10^{-01}	7.2×10^{-01}	$8.2 \times 10^{+00}$	6.9×10^{-01}	6×10^{-01}	6×10^{-01}
Sb-125		$2.4 \times 10^{+00}$	$2.5 \times 10^{+02}$	$1.1 \times 10^{+01}$	$1.4 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Sb-126		3.8×10^{-01}	$1.3 \times 10^{+00}$	$1.8 \times 10^{+01}$	7.1×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Sc-44		5.1×10^{-01}	6.1×10^{-01}	$2.6 \times 10^{+02}$	6.2×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Sc-46		5.4×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$7.8 \times 10^{+00}$	8.5×10^{-01}	5×10^{-01}	5×10^{-01}
Sc-47		$1.1 \times 10^{+01}$	$1.7 \times 10^{+02}$	$7.1 \times 10^{+01}$	7.0×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	7×10^{-01}
Sc-48		3.3×10^{-01}	9.0×10^{-01}	$4.5 \times 10^{+01}$	6.5×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Se-75		$2.9 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Se-79		—	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.7 \times 10^{+01}$	$2.3 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$
Si-31		$1.0 \times 10^{+03}$	5.8×10^{-01}	$6.3 \times 10^{+02}$	6.0×10^{-01}	6×10^{-01}	6×10^{-01}
Si-32		—	$1.0 \times 10^{+03}$	4.5×10^{-01}	$1.6 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}
Sm-145		$1.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Sm-147		$5.6 \times 10^{+01}$	—	Неогран.	—	Неогран.	Неогран.
Sm-151		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.4 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$
Sm-153		$1.7 \times 10^{+01}$	$9.1 \times 10^{+00}$	$8.2 \times 10^{+01}$	6.1×10^{-01}	$9 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Sn-113		$3.7 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.0 \times 10^{+01}$	$1.6 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Sn-117m		$7.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.2 \times 10^{+01}$	4.0×10^{-01}	$7 \times 10^{+00}$	4×10^{-01}
Sn-119m		$6.2 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.5 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+01}$
Sn-121m		$1.4 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.1 \times 10^{+01}$	8.5×10^{-01}	$4 \times 10^{+01}$	9×10^{-01}
Sn-123		$1.6 \times 10^{+02}$	7.5×10^{-01}	$6.5 \times 10^{+00}$	6.1×10^{-01}	8×10^{-01}	6×10^{-01}
Sn-125		$3.6 \times 10^{+00}$	3.7×10^{-01}	$1.7 \times 10^{+01}$	6.2×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Sn-126		6.6×10^{-01}	5.9×10^{-01}	$1.9 \times 10^{+00}$	3.6×10^{-01}	6×10^{-01}	4×10^{-01}
Sr-82		9.7×10^{-01}	2.4×10^{-01}	$5.0 \times 10^{+00}$	5.9×10^{-01}	2×10^{-01}	2×10^{-01}
Sr-85		$2.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.5 \times 10^{+01}$	$8.5 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Sr-85m		$5.2 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.8 \times 10^{+01}$	$5 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Sr-87m		$3.3 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Sr-89		$1.0 \times 10^{+03}$	6.2×10^{-01}	$6.7 \times 10^{+00}$	6.1×10^{-01}	6×10^{-01}	6×10^{-01}
Sr-90		$1.0 \times 10^{+03}$	3.2×10^{-01}	3.3×10^{-01}	3.1×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Sr-91		$1.5 \times 10^{+00}$	3.0×10^{-01}	$1.2 \times 10^{+02}$	6.0×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Sr-92		$8.2 \times 10^{+00}$	$1.1 \times 10^{+00}$	$1.2 \times 10^{+02}$	3.1×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	3×10^{-01}
T(H-3)		—	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	—	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Ta-178 (2.2 ч)		$1.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$7.2 \times 10^{+02}$	8.2×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	8×10^{-01}
Ta-179		$3.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$9.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+01}$
Ta-182		8.7×10^{-01}	$1.3 \times 10^{+01}$	$5.1 \times 10^{+00}$	5.4×10^{-01}	9×10^{-01}	5×10^{-01}
Tb-157		$3.1 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.2 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Tb-158		$1.4 \times 10^{+00}$	$1.6 \times 10^{+02}$	$1.1 \times 10^{+00}$	$1.8 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Tb-160		9.8×10^{-01}	$2.3 \times 10^{+00}$	$7.6 \times 10^{+00}$	5.8×10^{-01}	$1 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Tc-95m		$1.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.7 \times 10^{+01}$	$1.2 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Tc-96		4.3×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$7.0 \times 10^{+01}$	$1.4 \times 10^{+02}$	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Tc-96m		4.3×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$7.1 \times 10^{+01}$	$1.4 \times 10^{+02}$	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Tc-97		$7.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Tc-97m		$8.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.6 \times 10^{+01}$	$1.4 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+00}$
Tc-98		7.5×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	6.8×10^{-01}	8×10^{-01}	7×10^{-01}
Tc-99		—	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	8.8×10^{-01}	$4 \times 10^{+01}$	9×10^{-01}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Tc-99m		$9.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.3 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+00}$
Te-121		$1.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.3 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+02}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Te-121m		$5.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.2 \times 10^{+01}$	$2.5 \times 10^{+00}$	$5 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Te-123m		$7.7 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.3 \times 10^{+01}$	$1.2 \times 10^{+00}$	$8 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Te-125m		$2.0 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.5 \times 10^{+01}$	9.1×10^{-01}	$2 \times 10^{+01}$	9×10^{-01}
Te-127		$2.2 \times 10^{+02}$	$1.9 \times 10^{+01}$	$4.2 \times 10^{+02}$	6.6×10^{-01}	$2 \times 10^{+01}$	7×10^{-01}
Te-127m		$5.0 \times 10^{+01}$	$1.9 \times 10^{+01}$	$6.8 \times 10^{+00}$	5.0×10^{-01}	$2 \times 10^{+01}$	5×10^{-01}
Te-129		$1.7 \times 10^{+01}$	6.6×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	6.1×10^{-01}	7×10^{-01}	6×10^{-01}
Te-129m		$1.3 \times 10^{+01}$	8.5×10^{-01}	$7.9 \times 10^{+00}$	4.4×10^{-01}	8×10^{-01}	4×10^{-01}
Te-131m		7.5×10^{-01}	$1.2 \times 10^{+00}$	$4.5 \times 10^{+01}$	4.9×10^{-01}	7×10^{-01}	5×10^{-01}
Te-132		4.9×10^{-01}	4.9×10^{-01}	$2.0 \times 10^{+01}$	4.2×10^{-01}	5×10^{-01}	4×10^{-01}
Th-227		$1.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	5.2×10^{-03}	$4.7 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+01}$	5×10^{-03}
Th-228		7.6×10^{-01}	5.3×10^{-01}	1.2×10^{-03}	2.7×10^{-01}	5×10^{-01}	1×10^{-03}
Th-229	a	$5.1 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	5.1×10^{-04}	$1.8 \times 10^{+00}$	$5 \times 10^{+00}$	5×10^{-04}
Th-230	a	$1.2 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.2×10^{-03}	Неогран.	$1 \times 10^{+01}$	1×10^{-03}
Th-231		$3.9 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.6×10^{-02}	$1.2 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	2×10^{-02}
Th-232		$1.2 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Th-234		$4.2 \times 10^{+01}$	3.0×10^{-01}	$6.8 \times 10^{+00}$	4.9×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Th(природн.)		4.7×10^{-01}	2.7×10^{-01}	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Ti-44		4.8×10^{-01}	6.1×10^{-01}	4.2×10^{-01}	6.2×10^{-01}	5×10^{-01}	4×10^{-01}
Tl-200		8.5×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.6 \times 10^{+02}$	$7.1 \times 10^{+00}$	9×10^{-01}	9×10^{-01}
Tl-201		$1.2 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.0 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+00}$
Tl-202		$2.3 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$2.5 \times 10^{+02}$	$1.6 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Tl-204		$9.9 \times 10^{+02}$	$9.6 \times 10^{+00}$	$1.1 \times 10^{+02}$	6.9×10^{-01}	$1 \times 10^{+01}$	7×10^{-01}
Tm-167		$7.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4.5 \times 10^{+01}$	8.2×10^{-01}	$7 \times 10^{+00}$	8×10^{-01}
Tm-170		$2.0 \times 10^{+02}$	$2.6 \times 10^{+00}$	$7.6 \times 10^{+00}$	6.1×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Tm-171		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.8 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+02}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
U-230 (F)		$5.2 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.4×10^{-01}	$3.1 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	1×10^{-01}
U-230 (M)	a	$3.8 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	3.8×10^{-03}	$3.1 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+01}$	4×10^{-03}
U-230 (S)	a	$3.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	3.3×10^{-03}	$3.1 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+01}$	3×10^{-03}
U-232 (F)	a	$1.4 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.4×10^{-02}	$1.8 \times 10^{+02}$	$4 \times 10^{+01}$	1×10^{-02}
U-232 (M)	a	$7.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	7.1×10^{-03}	$1.8 \times 10^{+02}$	$4 \times 10^{+01}$	7×10^{-03}
U-232 (S)	a	$1.4 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.4×10^{-03}	$1.8 \times 10^{+02}$	$1 \times 10^{+01}$	1×10^{-03}
U-233 (F)		$8.0 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	8.8×10^{-02}	Неогран.	$4 \times 10^{+01}$	9×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
U-233 (M)	a	$1.6 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.6×10^{-02}	Неогран.	$4 \times 10^{+01}$	2×10^{-02}
U-233 (S)	a	$5.7 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	5.7×10^{-03}	Неогран.	$4 \times 10^{+01}$	6×10^{-03}
U-234 (F)		$6.0 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	9.1×10^{-02}	Неогран.	$4 \times 10^{+01}$	9×10^{-02}
U-234 (M)	a	$1.6 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.6×10^{-02}	Неогран.	$4 \times 10^{+01}$	2×10^{-02}
U-234 (S)	a	$5.9 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	5.9×10^{-03}	Неогран.	$4 \times 10^{+01}$	6×10^{-03}
U-235 (F)		$6.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
U-235 (M)		$6.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
U-235 (S)		$6.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
U-236 (F)		$6.6 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
U-236 (M)	a	$1.7 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	1.7×10^{-02}	Неогран.	$4 \times 10^{+01}$	2×10^{-02}
U-236 (S)	a	$6.3 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	6.3×10^{-03}	Неогран.	$4 \times 10^{+01}$	6×10^{-03}
U-238 (F)		$7.5 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
U-238 (M)	a	$1.9 \times 10^{+02}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
U-238 (S)	a	$6.8 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
U (природн.)		6.4×10^{-01}	1.3×10^{-01}	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
U (<20% об.)		—	—	—	—	Неогран.	Неогран.
U (разб.)		$4.7 \times 10^{+01}$	3.3×10^{-01}	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
V-48		3.8×10^{-01}	$3.0 \times 10^{+00}$	$2.2 \times 10^{+01}$	$1.1 \times 10^{+00}$	4×10^{-01}	4×10^{-01}
V-49		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
W-178		$8.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$6.4 \times 10^{+02}$	$4.6 \times 10^{+00}$	$9 \times 10^{+00}$	$5 \times 10^{+00}$
W-181		$2.6 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$5.3 \times 10^{+02}$	$3 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+01}$
W-185		$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$3.6 \times 10^{+02}$	8.1×10^{-01}	$4 \times 10^{+01}$	8×10^{-01}
W-187		$2.2 \times 10^{+00}$	$2.1 \times 10^{+00}$	$2.5 \times 10^{+02}$	6.2×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
W-188		$2.0 \times 10^{+01}$	3.7×10^{-01}	$4.4 \times 10^{+01}$	3.5×10^{-01}	4×10^{-01}	3×10^{-01}
Xe-122		$1.1 \times 10^{+00}$	4.0×10^{-01}	—	$8.8 \times 10^{+00}$	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Xe-123		$1.8 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+01}$	—	6.8×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	7×10^{-01}
Xe-127		$3.9 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	—	$1.7 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Xe-131m		$3.8 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	—	$4.0 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$	$4 \times 10^{+01}$
Xe-133		$2.1 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	—	$1.5 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+01}$	$1 \times 10^{+01}$
Xe-135		$4.5 \times 10^{+00}$	$3.5 \times 10^{+00}$	—	$1.8 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Y-87		$1.4 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.2 \times 10^{+02}$	$3.2 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Y-88		4.3×10^{-01}	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.2 \times 10^{+01}$	$2.2 \times 10^{+02}$	4×10^{-01}	4×10^{-01}
Y-90		$1.0 \times 10^{+03}$	3.2×10^{-01}	$3.3 \times 10^{+01}$	5.9×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.2. (продолж.)

Радио-нуклид	a – приведено Q_F вместо Q_A	Q_A или Q_F (ТБк)	Q_B (ТБк)	Q_C (ТБк)	Q_D or Q_E (ТБк)	A_1 (ТБк)	A_2 (ТБк)
Y-91		$3.1 \times 10^{+02}$	5.9×10^{-01}	$6.0 \times 10^{+00}$	6.1×10^{-01}	6×10^{-01}	6×10^{-01}
Y-91m		$2.0 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.2 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Y-92		$4.4 \times 10^{+00}$	2.2×10^{-01}	$2.5 \times 10^{+02}$	5.6×10^{-01}	2×10^{-01}	2×10^{-01}
Y-93		$1.3 \times 10^{+01}$	2.6×10^{-01}	$1.2 \times 10^{+02}$	5.8×10^{-01}	3×10^{-01}	3×10^{-01}
Yb-169		$3.5 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.8 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+00}$	$4 \times 10^{+00}$	$1 \times 10^{+00}$
Yb-175		$2.7 \times 10^{+01}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$7.1 \times 10^{+01}$	$4.2 \times 10^{+01}$	$2 \times 10^{+00}$	$2 \times 10^{+00}$
Zn-69		$1.0 \times 10^{+03}$	$3.2 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	6.2×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Zn-69m		$3.4 \times 10^{+00}$	$4.0 \times 10^{+00}$	$1.7 \times 10^{+02}$	5.9×10^{-01}	$3 \times 10^{+00}$	6×10^{-01}
Zr-88		$2.6 \times 10^{+00}$	$1.0 \times 10^{+03}$	$1.4 \times 10^{+01}$	$2.1 \times 10^{+01}$	$3 \times 10^{+00}$	$3 \times 10^{+00}$
Zr-93		—	$1.0 \times 10^{+03}$	Неогран.	Неогран.	Неогран.	Неогран.
Zr-95		$1.8 \times 10^{+00}$	$4.5 \times 10^{+02}$	$9.1 \times 10^{+00}$	8.5×10^{-01}	$2 \times 10^{+00}$	8×10^{-01}
Zr-97		9.2×10^{-01}	3.7×10^{-01}	$5.0 \times 10^{+01}$	5.6×10^{-01}	4×10^{-01}	4×10^{-01}

поступления 10^{-6} будет превышен, и что нет необходимости в специальной модификации модели Q_C для этих материалов.

I.83. Как и в случае Правил издания 1985 года, химическая форма или химические свойства радионуклидов не учитываются. Однако при определении значений Q_C используются наиболее ограничивающие дозовые коэффициенты из рекомендованных МКРЗ [I.8].

Облучение несколькими путями

I.84. Следуя Правилам издания 1985 года, описанное здесь использование системы Q предполагает определение каждого значения Q и, следовательно, учет каждого потенциального пути облучения по отдельности. В целом это соответствует дозиметрическим критериям, определенным ранее, при условии, что дозы, которые получают индивидуумы вблизи поврежденной упаковки, определяются одним путем. Однако, если два или более значений Q близки друг к другу, это условие не

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

выполняется. Например, в случае перевозки радионуклида, представляющего собой радиоактивный материал особого вида, для которого $Q_A \approx Q_B$, по расчетам на основе моделей системы Q, эффективная доза и доза на кожу облученного человека могут приблизиться к 50 мЗв и 0,5 Зв, соответственно. Анализ табл. I.2 показывает, что это соображение справедливо лишь в отношении относительно небольшого числа радионуклидов, и по этой причине в системе Q сохранено независимое рассмотрение путей облучения.

Смеси радионуклидов

I.85. Наконец, необходимо рассмотреть пределы содержимого упаковки для смесей радионуклидов, включая особый случай смеси продуктов деления. Для смесей радионуклидов, название и активность которых известны, необходимо показать, что:

$$\Sigma_i \frac{B(i)}{A_1(i)} + \Sigma_j \frac{C(j)}{A_2(j)} \leq 1,$$

где

B(i) – активность радионуклида i материала особого вида,
$A_1(i)$ – значение A_1 для радионуклида i,
C(j) – активность радионуклида j материала не особого вида,
$A_2(j)$ – значение A_2 для радионуклида j.

I.86. Альтернативно значения для смеси могут быть определены как:

$$X_m \text{for mixture} = \frac{1}{\Sigma_i \frac{f(i)}{X(i)}},$$

где

f(i) – доля активности радионуклида i в смеси,
X(i) – соответствующее значение A_1 или A_2 для радионуклида,
X_m – полученное значение A_1 или A_2 для смеси.

ЦЕПОЧКИ РАСПАДА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СИСТЕМЕ Q

I.87. В табл. I.3 приведены цепочки распада, использованные при определении значений A_1 и A_2 в рамках системы Q, как описано в пунктах I.54–I.56.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.3. ЦЕПОЧКИ РАСПАДА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СИСТЕМЕ Q

Материнский радионуклид	Дочерние радионуклиды
12 Mg 28(*)	13 Al 28
18 Ar 42(*)	19 K 42
20 Ca 47	21 Sc 47
22 Ti 44(*)	21 Sc 44
26 Fe 52(*)	25 Mn 52m
26 Fe 60	27 Co 60m
30 Zn 69m(*)	30 Zn 69
32 Ge 68(*)	31 Ga 68
37 Rb 83	36 Kr 83m
38 Sr 82(*)	37 Rb 82
38 Sr 90(*)	39 Y 90
38 Sr 91	39 Y 91m
38 Sr 92(*)	39 Y 92
39 Y 87	38 Sr 87m
40 Zr 95	41 Nb 95m
40 Zr 97	41 Nb 97m, 41 Nb 97
42 Mo 99	43 Tc 99m
43 Tc 95m	43 Tc 95
43 Tc 96m(*)	43 Tc 96
44 Ru 103	45 Rh 103m
44 Ru 106(*)	45 Rh 106
46 Pd 103	45 Rh 103m
47 Ag 108m	47 Ag 108
47 Ag 110m	47 Ag 110
48 Cd 115	49 In 115m
49 In 114m(*)	49 In 114
50 Sn 113	49 In 113m
50 Sn 121m	50 Sn 121
50 Sn 126	51 Sb 126m
52 Te 118	51 Sb 118
52 Te 127m	52 Te 127
52 Te 129m	52 Te 129
52 Te 131m	52 Te 131
52 Te 132	53 I 132
53 I 135	51 Xe 135m
54 Xe 122	53 I 122
55 Cs 137	56 Ba 137m
56 Ba 131	55 Cs 131
56 Ba 140	57 La 140
58 Ce 144	59 Pr 144m, 59 Pr 144

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.3. (продолж.)

Материнский радионуклид	Дочерние радионуклиды
61 Pm 148m	61 Pm 148
64 Gd 146	63 Eu 146
66 Dy 166	67 Ho 166
72 Hf 172	71 Lu 172
74 W 178	73 Ta 178
74 W 188	75 Re 188
75 Re 189	76 Os 189m
76 Os 194	77 Ir 194
77 Ir 189	76 Os 189m
78 Pt 188	77 Ir 188
80 Hg 194	79 Au 194
80 Hg 195m	80 Hg 195
82 Pb 210	83 Bi 210
82 Pb 212	83 Bi 212, 81 Tl 208, 84 Po 212
83 Bi 210m	81 Tl 206
83 Bi 212	81 Tl 208, 84 Po 212
85 At 211	84 Po 211
86 Rn 222	84 Po 218, 82 Pb 214, 85 At 218, 83 Bi 214, 84 Po 214
88 Ra 223	86 Rn 219, 84 Po 215, 82 Pb 211, 83 Bi 211, 84 Po 211, 81 Tl 207
88 Ra 224	86 Rn 220, 84 Po 216, 82 Pb 212, 83 Bi 212, 81 Tl 208, 84 Po 212
88 Ra 225	89 Ac 225, 87 Fr 221, 85 At 217, 83 Bi 213, 81 Tl 209, 84 Po 213, 82 Pb 209
88 Ra 226	86 Rn 222, 84 Po 218, 82 Pb 214, 85 At 218, 83 Bi 214, 84 Po 214
88 Ra 228	89 Ac 228
89 Ac 225	87 Fr 221, 85 At 217, 83 Bi 213, 81 Tl 209, 84 Po 213, 82 Pb 209
89 Ac 227	87 Fr 223
90 Th 228	88 Ra 224, 86 Rn 220, 84 Po 216, 82 Pb 212, 83 Bi 212, 81 Tl 208, 84 Po 212
90 Th 234	91 Pa 234m, 91 Pa 234
91 Pa 230	89 Ac 226, 90 Th 226, 87 Fr 222, 88 Ra 222, 86 Rn 218, 84 Po 214
92 U 230	90 Th 226, 88 Ra 222, 86 Rn 218, 84 Po 214
92 U 235	90 Th 231
94 Pu 241	92 U 237
94 Pu 244	92 U 240, 93 Np 240m
95 Am 242m	95 Am 242, 93 Np 238
95 Am 243	93 Np 239

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА I.3. (продолж.)

Материнский радионуклид	Дочерние радионуклиды
96 Cm 247	94 Pu 243
97 Bk 249	95 Am 245
98 Cf 253	96 Cm 249

ВЫВОДЫ

I.88. Описанная здесь система Q представляет собой модернизацию первоначальной системы A_1/A_2, использованной для Правил издания 1985 года при определении пределов содержимого упаковок типа А и других пределов. Она учитывает последние рекомендации МКРЗ и, благодаря детальному определению дозиметрических соображений, лежащих в основе этих пределов, обеспечивает прочную и авторитетную основу для Правил.

I.89. Сейчас система Q имеет следующие отличительные черты:

(1) Радиологические критерии и предположения по облучению, использованные в Правилах издания 1985 года рассмотрены повторно и сохранены;
(2) Приняты значения эффективной дозы из Публикации 60 МКРЗ [I.8];
(3) Расчет дозы внешнего облучения от фотонов и бета-частиц досконально пересмотрен;
(4) Расчет поступления ингаляционным путем выполняется теперь по эффективной дозе и основан на дозовых коэффициентах из Основных норм безопасности (BSS) [I.10] и Публикации 68 МКРЗ [I.9].

Дальнейший пересмотр на основе будущих исследований не исключается.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ЛИТЕРАТУРА К ПРИЛОЖЕНИЮ I

[I.1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Studies on Certain Aspects of the Safe Transport of Radioactive Materials, 1980–1985, IAEA-TECDOC-375, IAEA, Vienna (1986).

[I.2] GOLDFINCH, E.P., MACDONALD, H.F., Dosimetric aspects of permitted activity leakage rates for Type B packages for the transport of radioactive materials, Radiat. Prot. Dosim. 2 (1982) 75.

[I.3] MACDONALD, H.F., GOLDFINCH, E.P., "An alternative approach to the A1/A2 system for determining package contents limits and permitted releases of radioactivity from transport packages", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 80 (Proc. Symp. Berlin, 1980), Bundesanstalt fur Materialprufung, Berlin (1980).

[I.4] MACDONALD, H.F., GOLDFINCH, E.P., Radiat. Prot. Dosim. 1 (1981) 29.

[I.5] MACDONALD, H.F., GOLDFINCH, E.P., там же, p. 199.

[I.6] GOLDFINCH, E.P., MACDONALD, H.F., "A review of some radiological aspects of the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials", Radiological Protection —Advances in Theory and Practice (Proc. Symp. Inverness, 1982), Society for Radiological Protection, Berkeley, UK (1982).

[I.7] GOLDFINCH, E.P., MACDONALD, H.F., "IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials: Revised A1 and A2 values", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 83 (Proc. Symp. New Orleans, 1983), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1983).

[I.8] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).

[I.9] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers, ICRP Publication No. 68, Pergamon Press, Oxford and New York (1995).

[I.10] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

[I.11] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Task Group on Dose Calculations — Energy and Intensity Data for Emissions Accompanying Radionuclide Transformations, ICRP Publication 38, Pergamon Press, Oxford and New York (1984).

[I.12] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Data for Use in Protection against External Radiation, ICRP Publication 51, Pergamon Press, Oxford and New York (1987).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[I.13] ECKERMAN, K.F., WESTFALL, R.J., RYMAN, J.C., CRISTY, M., Nuclear Decay Data Files of the Dosimetry Research Group, Rep. ORNL/TM-12350, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1993).
[I.14] CROSS, W.G., ING, H., FREEDMAN, N.O., WONG, P.J., Table of beta-ray dose distributions in an infinite water medium, Health Phys. 63 (1992) 2.
[I.15] CROSS, W.G., ING , H., FREEDMAN, N.O., MAINVILLE, J., Tables of Beta-Ray Dose Distributions in Water, Air, and Other Media, Rep. AECL-7617, Atomic Energy of Canada Ltd., Chalk River, Ontario (1982).
[I.16] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, ICRP Publication 26, Pergamon Press, Oxford and New York (1977).
[I.17] CROSS, W.G., ING , H., FREEDMAN, N.O., MAINVILLE, J., Tables of Beta-Ray Dose Distributions in Water, Air, and Other Media, Rep. AECL-2793, Atomic Energy of Canada Ltd., Chalk River, Ontario (1967).
[I.18] BAILEY, M.R., BETA: A Computer Program for Calculating Beta Dose Rates from Point and Plane Sources, Rep. RD/B/N2763, Central Electricity Generating Board, London (1973).
[I.19] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Publication 30, Parts 1–3, Pergamon Press, Oxford and New York (1980).
[I.20] LOHMANN, D.H., "Transport of radioactive materials: A review of damage to packages from the radiochemical centre during transport", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 80 (Proc. Symp. Berlin, 1980), Bundesanstalt fur Materialprufung, Berlin (1980).
[I.21] HADJIANTONION, A., ARMIRIOTIS, J., ZANNOS, A., "The performance of Type A packaging under air crash and fire accident conditions", там же.
[I.22] TAYLOR, C.B.G., "Radioisotope packages in crush and fire", там же.
[I.23] STEWART, K., Principal characteristics of radioactive contaminants which may appear in the atmosphere, Progress in Nuclear Energy, Series 12, Health Physics, Vol. 2, Pergamon Press, Oxford and New York (1969).
[I.24] WEHNER, G., "The importance of reportable events in public acceptance", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 83 (Proc. Symp. New Orleans, 1983), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1983).
[I.25] BRYANT, P.M., Methods of Estimation of the Dispersion of Windborne Material and Data to Assist in their Application, Rep. AHSB(RP)R42, UKAEA, Berkeley, UK (1964).
[I.26] DUNSTER, H.J., Maximum Permissible Levels of Skin Contamination, Rep. AHSB (RP)R78, UKAEA, Harwell (1967).
[I.27] CROSS,W.G., FREEDMAN, N.O.,WONG, P.Y., Beta ray dose distributions from skin contamination, Radiat. Prot. Dosim. 40 3 (1992) 149–168.
[I.28] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil, Federal Guidance Report No. 12, USEPA, Washington, DC (1993).
[I.29] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Data for Protection against Ionizing Radiation from External Sources:

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Supplement to ICRP Publication 15, ICRP Publication 21, Pergamon Press, Oxford and New York (1973).

[I.30] FAIRBAIRN, A., MORLEY, F., KOLB, W., "The classification of radionuclides for transport purposes", The Safe Transport of Radioactive Materials (GIBSON, R., Ed.), Pergamon Press, Oxford and New York (1966) 44–46.

[I.31] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers, ICRP Publication 32, Pergamon Press, Oxford and New York (1981).

[I.32] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Standard Specification for Uranium Hexafluoride Enriched to Less than 5% U-235, ASTM C996-90, ASTM, Philadelphia, PA (1991).

[I.33] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (as amended 1959 and revised 1962), ICRP Publication 6, Pergamon Press, Oxford and New York (1964).

[I.34] MACDONALD, H.F., Radiological Limits in the Transport of Irradiated Nuclear Fuels, Rep. TPRD/B/0388/N84, Central Electricity Generating Board, Berkeley, UK (1984).

[I.35] MACDONALD, H.F., "Individual and collective doses arising in the transport of irradiated nuclear fuels", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 80 (Proc. Symp. Berlin, 1980), Bundesanstalt fur Materialprufung, Berlin (1980).

[I.36] LAUTERBACH, U., "Radiation level for low specific activity materials in compact stacks, packaging and transportation of radioactive materials", там же.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Приложение II

ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА И УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ, ДОЗОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ МОЩНОСТИ ДОЗЫ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДОВ И УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ УРАНА

II.1. В табл. II.1 представлены период полураспада и удельная активность радионуклидов, рассчитанные с использованием уравнения, показанного в пункте 240.2 (см. [II.1]). Как определено в пункте 240 Правил, удельная активность радионуклида это «активность на единицу массы данного нуклида», в то время когда удельная активность материала это «активность на единицу массы или объема материала, в котором радионуклиды в основном распределены равномерно». Значения удельной активности, приведенные в табл. II.1 относятся к радионуклидам, а не к материалам.

II.2. В табл. II.2 представлены дозовые коэффициенты и коэффициенты мощности дозы для каждого радионуклида.

II.3. В табл. II.3 представлена удельная активность урана различной степени обогащения. Эти цифры включают активность U-234, концентрируемого в процессе обогащения.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Ac-225	Актиний (89)	10 суток	8.640×10^5	2.150×10^{15}
Ac-227		21.773 лет	6.866×10^8	2.682×10^{12}
Ac-228		6.13 часов	2.207×10^4	8.308×10^{16}
Ag-105	Серебро (47)	41 суток	3.542×10^6	1.124×10^{15}
Ag-108m		127 лет	4.005×10^9	9.664×10^{11}
Ag-110m		249.9 суток	2.159×10^7	1.760×10^{14}
Ag-111		7.45 суток	6.437×10^5	5.850×10^{15}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Al-26	Алюминий (13)	7.16×10^5 лет	2.258×10^{13}	7.120×10^8
Am-241	Америций (95)	432.2 лет	1.363×10^{10}	1.273×10^{11}
Am-242m		152 лет	4.793×10^9	3.603×10^{11}
Am-243		7380 лет	2.327×10^{11}	7.391×10^9
Ar-37	Аргон (18)	35.02 суток	3.026×10^6	3.734×10^{15}
Ar-39		269 лет	8.483×10^9	1.263×10^{12}
Ar-41		1.827 часов	6.577×10^3	1.550×10^{18}
As-72	Мышьяк (33)	26 часов	9.360×10^4	6.203×10^{16}
As-73		80.3 суток	6.938×10^6	8.253×10^{14}
As-74		17.76 суток	1.534×10^6	3.681×10^{15}
As-76		26.32 часов	9.475×10^4	5.805×10^{16}
As-77		38.8 часов	1.397×10^5	3.886×10^{16}
At-211	Астат (85)	7.214 часов	2.597×10^4	7.628×10^{16}
Au-193	Золото (79)	17.65 часов	6.354×10^4	3.409×10^{16}
Au-194		39.5 часов	1.422×10^5	1.515×10^{16}
Au-195		183 суток	1.581×10^7	1.356×10^{14}
Au-198		2.696 суток	2.329×10^5	9.063×10^{15}
Au-199		3.139 суток	2.712×10^5	7.745×10^{15}
Ba-131	Барий (56)	11.8 суток	1.020×10^6	3.130×10^{15}
Ba-133		10.74 лет	3.387×10^8	9.279×10^{12}
Ba-133m		38.9 часов	1.400×10^5	2.244×10^{16}
Ba-140		12.74 суток	1.101×10^6	2.712×10^{15}
Be-7	Берилий (4)	53.3 суток	4.605×10^6	1.297×10^{16}
Be-10		1.6×10^6 лет	5.046×10^{13}	8.284×10^8
Bi-205	Висмут (83)	15.31 суток	1.323×10^6	1.541×10^{15}
Bi-206		6.243 суток	5.394×10^5	3.762×10^{15}
Bi-207		38 лет	1.198×10^9	1.685×10^{12}
Bi-210		5.012 суток	4.330×10^5	4.597×10^{15}
Bi-210m		3.0×10^6 лет	9.461×10^{13}	2.104×10^7
Bi-212		60.55 минут	3.633×10^3	5.427×10^{17}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Bk-247	Берклий (97)	1380 лет	4.352×10^{10}	3.889×10^{10}
Bk-249		320 суток	2.765×10^{7}	6.072×10^{13}
Br-76	Бром (35)	16.2 часов	5.832×10^{4}	9.431×10^{16}
Br-77		56 часов	2.016×10^{5}	2.693×10^{16}
Br-82		35.3 часов	1.271×10^{5}	4.011×10^{16}
C-11	Углерод (6)	20.38 минут	1.223×10^{3}	3.108×10^{19}
C-14		5730 лет	1.807×10^{11}	1.652×10^{11}
Ca-41	Кальций (20)	1.4×10^{5} лет	4.415×10^{12}	2.309×10^{9}
Ca-45		163 суток	1.408×10^{7}	6.596×10^{14}
Ca-47		4.53 суток	3.914×10^{5}	2.272×10^{16}
Cd-109	Кадмий (48)	464 суток	4.009×10^{7}	9.566×10^{13}
Cd-113m		13.6 лет	4.289×10^{8}	8.625×10^{12}
Cd-115		53.46 часов	1.925×10^{5}	1.889×10^{16}
Cd-115m		44.6 суток	3.853×10^{6}	9.433×10^{14}
Ce-139	Церий (58)	137.66 суток	1.189×10^{7}	2.528×10^{14}
Ce-141		32.501 суток	2.808×10^{6}	1.056×10^{15}
Ce-143		33 часов	1.188×10^{5}	2.461×10^{16}
Ce-144		284.3 суток	2.456×10^{7}	1.182×10^{14}
Cf-248	Калифорний (98)	333.5 суток	2.881×10^{7}	5.849×10^{13}
Cf-249		350.6 лет	1.106×10^{10}	1.518×10^{11}
Cf-250		13.08 лет	4.125×10^{8}	4.053×10^{12}
Cf-251		898 лет	2.832×10^{10}	5.881×10^{10}
Cf-252		2.638 лет	8.319×10^{7}	1.994×10^{13}
Cf-253		17.81 суток	1.539×10^{6}	1.074×10^{15}
Cf-254		60.5 суток	5.227×10^{6}	3.148×10^{14}
Cl-36	Хлор (17)	3.01×10^{5} лет	9.492×10^{12}	1.223×10^{9}
Cl-38		37.21 минут	2.233×10^{3}	4.927×10^{18}
Cm-240	Кюрий (96)	27 суток	2.333×10^{6}	7.466×10^{14}
Cm-241		32.8 суток	2.834×10^{6}	6.120×10^{14}
Cm-242		162.8 суток	1.407×10^{7}	1.228×10^{14}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Cm-243		28.5 лет	8.988×10^8	1.914×10^{12}
Cm-244		18.11 лет	5.711×10^8	3.000×10^{12}
Cm-245		8500 лет	2.681×10^{11}	6.365×10^9
Cm-246		4730 лет	1.492×10^{11}	1.139×10^{10}
Cm-247		1.56×10^7 лет	4.920×10^{14}	3.440×10^6
Cm-248		3.39×10^5 лет	1.069×10^{13}	1.577×10^8
Co-55	Кобальт (27)	17.54 часов	6.314×10^4	1.204×10^{17}
Co-56		78.76 суток	6.805×10^6	1.097×10^{15}
Co-57		270.9 суток	2.341×10^7	3.133×10^{14}
Co-58		70.8 суток	6.117×10^6	1.178×10^{15}
Co-58m		9.15 часов	3.294×10^4	2.188×10^{17}
Co-60		5.271 лет	1.662×10^8	4.191×10^{13}
Cr-51	Хром (24)	27.704 суток	2.394×10^6	3.424×10^{15}
Cs-129	Цезий (55)	32.06 часов	1.154×10^5	2.808×10^{16}
Cs-131		9.69 суток	8.372×10^5	3.811×10^{15}
Cs-132		6.475 суток	5.594×10^5	5.660×10^{15}
Cs-134		2.062 лет	6.503×10^7	4.797×10^{13}
Cs-134m		2.9 часов	1.044×10^4	2.988×10^{17}
Cs-135		2.3×10^6 лет	7.253×10^{13}	4.269×10^7
Cs-136		13.1 суток	1.132×10^6	2.716×10^{15}
Cs-137		30 лет	9.461×10^8	3.225×10^{12}
Cu-64	Медь (29)	12.701 часов	4.572×10^4	1.428×10^{17}
Cu-67		61.86 часов	2.227×10^5	2.801×10^{16}
Dy-159	Диспрозий (66)	144.4 суток	1.248×10^7	2.107×10^{14}
Dy-165		2.334 часов	8.402×10^3	3.015×10^{17}
Dy-166		81.6 часов	2.938×10^5	8.572×10^{15}
Er-169	Эрбий (68)	9.3 суток	8.035×10^5	3.078×10^{15}
Er-171		7.52 часов	2.707×10^4	9.029×10^{16}
Eu-147	Европий (63)	24 суток	2.074×10^6	1.371×10^{15}
Eu-148		54.5 суток	4.709×10^6	5.998×10^{14}
Eu-149		93.1 суток	8.044×10^6	3.488×10^{14}
Eu-150 (короткож.)		12.62 часов	4.543×10^4	6.134×10^{16}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Eu-150 (долгожив.)		34.2 лет	1.079×10^9	2.584×10^{12}
Eu-152		13.33 лет	4.204×10^8	6.542×10^{12}
Eu-152m		9.32 часов	3.355×10^4	8.196×10^{16}
Eu-154		8.8 лет	2.775×10^8	9.781×10^{12}
Eu-155		4.96 лет	1.564×10^8	1.724×10^{13}
Eu-156		15.19 суток	1.312×10^6	2.042×10^{15}
F-18	Фтор (9)	109.77 минут	6.586×10^3	3.526×10^{18}
Fe-52	Железо (26)	8.275 часов	2.979×10^4	2.698×10^{17}
Fe-55		2.7 лет	8.515×10^7	8.926×10^{13}
Fe-59		44.529 суток	3.847×10^6	1.841×10^{15}
Fe-60		1.0×10^5 лет	3.154×10^{12}	2.209×10^9
Ga-67	Галлий (31)	78.26 часов	2.817×10^5	2.214×10^{16}
Ga-68		68 минут	4.080×10^3	1.507×10^{18}
Ga-72		14.1 часов	5.076×10^4	1.144×10^{17}
Gd-146	Гадолиний (64)	48.3 суток	4.173×10^6	6.861×10^{14}
Gd-148		93 лет	2.933×10^9	9.630×10^{11}
Gd-153		242 суток	2.091×10^7	1.307×10^{14}
Gd-159		18.56 часов	6.682×10^4	3.935×10^{16}
Ge-68	Германий (32)	288 суток	2.488×10^7	2.470×10^{14}
Ge-71		11.8 суток	1.020×10^6	5.775×10^{15}
Ge-77		11.3 часов	4.068×10^4	1.334×10^{17}
Hf-172	Гафний (72)	1.87 лет	5.897×10^7	4.121×10^{13}
Hf-175		70 суток	6.048×10^6	3.949×10^{14}
Hf-181		42.4 суток	3.663×10^6	6.304×10^{14}
Hf-182		9.0×10^6 лет	2.838×10^{14}	8.092×10^6
Hg-194	Ртуть (80)	260 лет	8.199×10^9	2.628×10^{11}
Hg-195m		41.6 часов	1.498×10^5	1.431×10^{16}
Hg-197		64.1 часов	2.308×10^5	9.195×10^{15}
Hg-197m		23.8 часов	8.568×10^4	2.476×10^{16}
Hg-203		46.6 суток	4.026×10^6	5.114×10^{14}
Ho-166	Гольмий (67)	26.8 часов	9.648×10^4	2.610×10^{16}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Ho-166m		1200 лет	3.784×10^{10}	6.654×10^{10}
I-123	Йод (53)	13.2 часов	4.752×10^{4}	7.151×10^{16}
I-124		4.18 суток	3.612×10^{5}	9.334×10^{15}
I-125		60.14 суток	5.196×10^{6}	6.436×10^{14}
I-126		13.02 суток	1.125×10^{6}	2.949×10^{15}
I-129		1.57×10^{7} лет	4.951×10^{14}	6.545×10^{6}
I-131		8.04 суток	6.947×10^{5}	4.593×10^{15}
I-132		2.3 часов	8.280×10^{3}	3.824×10^{17}
I-133		20.8 часов	7.488×10^{4}	4.197×10^{16}
I-134		52.6 минут	3.156×10^{3}	9.884×10^{17}
I-135		6.61 часов	2.380×10^{4}	1.301×10^{17}
In-111	Индий (49)	2.83 суток	2.445×10^{5}	1.540×10^{16}
In-113m		1.658 часов	5.969×10^{3}	6.197×10^{17}
In-114m		49.51 суток	4.278×10^{6}	8.572×10^{14}
In-115m		4.486 часов	1.615×10^{4}	2.251×10^{17}
Ir-189	Иридий (77)	13.3 суток	1.149×10^{6}	1.925×10^{15}
Ir-190		12.1 суток	1.045×10^{6}	2.104×10^{15}
Ir-192		74.02 суток	6.395×10^{6}	3.404×10^{14}
Ir-194		19.15 часов	6.894×10^{4}	3.125×10^{16}
K-40	Калий (19)	1.28×10^{9} лет	4.037×10^{16}	2.589×10^{5}
K-42		12.36 часов	4.450×10^{4}	2.237×10^{17}
K-43		22.6 часов	8.136×10^{4}	1.195×10^{17}
Kr-81	Криптон (36)	2.1×10^{5} лет	6.623×10^{12}	7.792×10^{8}
Kr-85		10.72 лет	3.381×10^{8}	1.455×10^{13}
Kr-85m		4.48 часов	1.613×10^{4}	3.049×10^{17}
Kr-87		76.3 минут	4.578×10^{3}	1.049×10^{18}
La-137	Лантан (57)	6.0×10^{4} лет	1.892×10^{12}	1.612×10^{9}
La-140		40.272 часов	1.450×10^{5}	2.059×10^{16}
Lu-172	Лютеций (71)	6.7 суток	5.789×10^{5}	4.198×10^{15}
Lu-173		1.37 лет	4.320×10^{7}	5.592×10^{13}
Lu-174		3.31 лет	1.044×10^{8}	2.301×10^{13}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Lu-174m		142 суток	1.227×10^7	1.958×10^{14}
Lu-177		6.71 суток	5.797×10^5	4.073×10^{15}
Mg-28	Магний (12)	20.91 часов	7.528×10^4	1.983×10^{17}
Mn-52	Марганец (25)	5.591 суток	4.831×10^5	1.664×10^{16}
Mn-53		3.7×10^6 лет	1.167×10^{14}	6.759×10^7
Mn-54		312.5 суток	2.700×10^7	2.867×10^{14}
Mn-56		2.5785 часов	9.283×10^3	8.041×10^{17}
Mo-93	Молибден (42)	3500 лет	1.104×10^{11}	4.072×10^{10}
Mo-99		66 часов	2.376×10^5	1.777×10^{16}
N-13	Азот (7)	9.965 минут	5.979×10^2	5.378×10^{19}
Na-22	Натрий (11)	2.602 лет	8.206×10^7	2.315×10^{14}
Na-24		15 часов	5.400×10^4	3.225×10^{17}
Nb-93m	Ниобий (41)	13.6 лет	4.289×10^8	1.048×10^{13}
Nb-94		2.03×10^4 лет	6.402×10^{11}	6.946×10^9
Nb-95		35.15 суток	3.037×10^6	1.449×10^{15}
Nb-97		72.1 минут	4.326×10^3	9.961×10^{17}
Nd-147	Неодим (60)	10.98 суток	9.487×10^5	2.997×10^{15}
Nd-149		1.73 часов	6.228×10^3	4.504×10^{17}
Ni-59	Никель (28)	7.5×10^4 лет	2.365×10^{12}	2.995×10^9
Ni-63		96 лет	3.027×10^9	2.192×10^{12}
Ni-65		2.52 часов	9.072×10^3	7.089×10^{17}
Np-235	Нептуний (93)	396.1 суток	3.422×10^7	5.197×10^{13}
Np-236 (короткож.)		1.15×10^5 лет	3.627×10^{12}	4.884×10^8
Np-236 (долгожив.)		22.5 часов	8.100×10^4	2.187×10^{16}
Np-237		2.14×10^6 лет	6.749×10^{13}	2.613×10^7
Np-239		2.355 суток	2.035×10^5	8.596×10^{15}
Os-185	Осмий (76)	94 суток	8.122×10^6	2.782×10^{14}
Os-191		15.4 суток	1.331×10^6	1.645×10^{15}
Os-191m		13.03 часов	4.691×10^4	4.665×10^{16}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Os-193		30 часов	1.080×10^5	2.005×10^{16}
Os-194		6 лет	1.892×10^8	1.139×10^{13}
P-32	Фосфор (15)	14.29 суток	1.235×10^6	1.058×10^{16}
P-33		25.4 суток	2.195×10^6	5.772×10^{15}
Pa-230	Протактиний (91)	17.4 суток	1.503×10^6	1.209×10^{15}
Pa-231		32 760 лет	1.033×10^{12}	1.752×10^9
Pa-233		27 суток	2.333×10^6	7.690×10^{14}
Pb-201	Свинец (82)	9.4 часов	3.384×10^4	6.145×10^{16}
Pb-202		3.0×10^5 лет	9.461×10^{12}	2.187×10^8
Pb-203		52.05 часов	1.874×10^5	1.099×10^{16}
Pb-205		1.43×10^7 лет	4.510×10^{14}	4.521×10^6
Pb-210		22.3 лет	7.033×10^8	2.830×10^{12}
Pb-212		10.64 часов	3.830×10^4	5.147×10^{16}
Pd-103	Палладий (46)	16.96 суток	1.465×10^6	2.769×10^{15}
Pd-107		6.5×10^6 лет	2.050×10^{14}	1.906×10^7
Pd-109		13.427 часов	4.834×10^4	7.934×10^{16}
Pm-143	Прометий (61)	265 суток	2.290×10^7	1.277×10^{14}
Pm-144		363 суток	3.136×10^7	9.255×10^{13}
Pm-145		17.7 лет	5.582×10^8	5.165×10^{12}
Pm-147		2.6234 лет	8.273×10^7	3.437×10^{13}
Pm-148m		41.3 суток	3.568×10^6	7.915×10^{14}
Pm-149		53.08 часов	1.911×10^5	1.468×10^{16}
Pm-151		28.4 часов	1.022×10^5	2.708×10^{16}
Po-210	Полоний (84)	138.38 суток	1.196×10^7	1.665×10^{14}
Pr-142	Празеодим (59)	19.13 часов	6.887×10^4	4.274×10^{16}
Pr-143		13.56 суток	1.172×10^6	2.495×10^{15}
Pt-188	Платина (78)	10.2 суток	8.813×10^5	2.523×10^{15}
Pt-191		2.8 суток	2.419×10^5	9.046×10^{15}
Pt-193		50 лет	1.577×10^9	1.374×10^{12}
Pt-193m		4.33 суток	3.741×10^5	5.789×10^{15}
Pt-195m		4.02 суток	3.473×10^5	6.172×10^{15}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Pt-197		18.3 часов	6.588×10^4	3.221×10^{16}
Pt-197m		94.4 минут	5.664×10^3	3.746×10^{17}
Pu-236	Плутоний (94)	2.851 лет	8.991×10^7	1.970×10^{13}
Pu-237		45.3 суток	3.914×10^6	4.506×10^{14}
Pu-238		87.74 лет	2.767×10^9	6.347×10^{11}
Pu-239		24 065 лет	7.589×10^{11}	2.305×10^9
Pu-240		6537 лет	2.062×10^{11}	8.449×10^9
Pu-241		14.4 лет	4.541×10^8	3.819×10^{12}
Pu-242		3.763×10^5 лет	1.187×10^{13}	1.456×10^8
Pu-244		8.26×10^7 лет	2.605×10^{15}	6.577×10^5
Ra-223	Радий (88)	11.434 суток	9.879×10^5	1.897×10^{15}
Ra-224		3.66 суток	3.162×10^5	5.901×10^{15}
Ra-225		14.8 суток	1.279×10^6	1.453×10^{15}
Ra-226		1600 лет	5.046×10^{10}	3.666×10^{10}
Ra-228		5.75 лет	1.813×10^8	1.011×10^{13}
Rb-81	Рубидий (37)	4.58 часов	1.649×10^4	3.130×10^{17}
Rb-83		86.2 суток	7.448×10^6	6.762×10^{14}
Rb-84		32.77 суток	2.831×10^6	1.758×10^{15}
Rb-86		18.66 суток	1.612×10^6	3.015×10^{15}
Rb-87		4.7×10^{10} лет	1.482×10^{18}	3.242×10^3
Re-184	Рений (75)	38 суток	3.283×10^6	6.919×10^{14}
Re-184m		165 суток	1.426×10^7	1.594×10^{14}
Re-186		90.64 часов	3.263×10^5	6.887×10^{15}
Re-187		5.0×10^{10} лет	1.577×10^{18}	1.418×10^3
Re-188		16.98 часов	6.113×10^4	3.637×10^{16}
Re-189		24.3 часов	8.748×10^4	2.528×10^{16}
Rh-99	Родий (45)	16 суток	1.382×10^6	3.054×10^{15}
Rh-101		3.2 лет	1.009×10^8	4.101×10^{13}
Rh-102		2.9 лет	9.145×10^7	4.481×10^{13}
Rh-102m		207 суток	1.788×10^7	2.291×10^{14}
Rh-103m		56.12 минут	3.367×10^3	1.205×10^{18}
Rh-105		35.36 часов	1.273×10^5	3.127×10^{16}
Rn-222	Радон (86)	3.8235 суток	3.304×10^5	5.700×10^{15}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Ru-97	Рутений (44)	2.9 суток	2.506×10^5	1.720×10^{16}
Ru-103		39.28 суток	3.394×10^6	1.196×10^{15}
Ru-105		4.44 часов	1.598×10^4	2.491×10^{17}
Ru-106		368.2 суток	3.181×10^7	1.240×10^{14}
S-35	Сера (16)	87.44 суток	7.555×10^6	1.581×10^{15}
Sb-122	Сурьма (51)	2.7 суток	2.333×10^5	1.469×10^{16}
Sb-124		60.2 суток	5.201×10^6	6.481×10^{14}
Sb-125		2.77 лет	8.735×10^7	3.828×10^{13}
Sb-126		12.4 суток	1.071×10^6	3.096×10^{15}
Sc-44	Скандий (21)	3.927 часов	1.414×10^4	6.720×10^{17}
Sc-46		83.83 суток	7.243×10^6	1.255×10^{15}
Sc-47		3.351 суток	2.895×10^5	3.072×10^{16}
Sc-48		43.7 часов	1.573×10^5	5.535×10^{16}
Se-75	Селен (34)	119.8 суток	1.035×10^7	5.384×10^{14}
Se-79		6.5×10^4 лет	2.050×10^{12}	2.581×10^9
Si-31	Кремний (14)	157.3 минут	9.438×10^3	1.429×10^{18}
Si-32		450 лет	1.419×10^{10}	9.205×10^{11}
Sm-145	Самарий (62)	340 суток	2.938×10^7	9.813×10^{13}
Sm-147		1.06×10^{11} лет	3.343×10^{18}	8.506×10^2
Sm-151		90 лет	2.838×10^9	9.753×10^{11}
Sm-153		46.7 часов	1.681×10^5	1.625×10^{16}
Sn-113	Олово (50)	115.1 суток	9.945×10^6	3.720×10^{14}
Sn-117m		13.61 суток	1.176×10^6	3.038×10^{15}
Sn-119m		293 суток	2.532×10^7	1.388×10^{14}
Sn-121m		55 лет	1.734×10^9	1.992×10^{12}
Sn-123		129.2 суток	1.116×10^7	3.044×10^{14}
Sn-125		9.64 суток	8.329×10^5	4.015×10^{15}
Sn-126		1.0×10^5 лет	3.154×10^{12}	1.052×10^9
Sr-82	Стронций (38)	25 суток	2.160×10^6	2.360×10^{15}
Sr-85		64.84 суток	5.602×10^6	8.778×10^{14}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Sr-85m		69.5 минут	4.170×10^3	1.179×10^{18}
Sr-87m		2.805 часов	1.010×10^4	4.758×10^{17}
Sr-89		50.5 суток	4.363×10^6	1.076×10^{15}
Sr-90		29.12 лет	9.183×10^8	5.057×10^{12}
Sr-91		9.5 часов	3.420×10^4	1.343×10^{17}
Sr-92		2.71 часов	9.756×10^3	4.657×10^{17}
T(H-3)	Тритий (1)	12.35 лет	3.895×10^8	3.578×10^{14}
Ta-178 (долгожив.)	Тантал (73)	2.2 часов	7.920×10^3	2.965×10^{17}
Ta-179		664.9 суток	5.745×10^7	4.065×10^{13}
Ta-182		115 суток	9.936×10^6	2.311×10^{14}
Tb-157	Тербий (65)	150 лет	4.730×10^9	5.628×10^{11}
Tb-158		150 лет	4.730×10^9	5.593×10^{11}
Tb-160		72.3 суток	6.247×10^6	4.182×10^{14}
Tc-95m	Технеций (43)	61 суток	5.270×10^6	8.349×10^{14}
Tc-96		4.28 суток	3.698×10^5	1.177×10^{16}
Tc-96m		51.5 минут	3.090×10^3	1.409×10^{18}
Tc-97		2.6×10^6 лет	8.199×10^{13}	5.256×10^7
Tc-97m		87 суток	7.517×10^6	5.733×10^{14}
Tc-98		4.2×10^6 лет	1.325×10^{14}	3.220×10^7
Tc-99		2.13×10^5 лет	6.717×10^{12}	6.286×10^8
Tc-99m		6.02 часов	2.167×10^4	1.948×10^{17}
Te-121	Теллур (52)	17 суток	1.469×10^6	2.352×10^{15}
Te-121m		154 суток	1.331×10^7	2.596×10^{14}
Te-123m		119.7 суток	1.034×10^7	3.286×10^{14}
Te-125m		58 суток	5.011×10^6	6.673×10^{14}
Te-127		9.35 часов	3.366×10^4	9.778×10^{16}
Te-127m		109 суток	9.418×10^6	3.495×10^{14}
Te-129		69.6 минут	4.176×10^3	7.759×10^{17}
Te-129m		33.6 суток	2.903×10^6	1.116×10^{15}
Te-131m		30 часов	1.080×10^5	2.954×10^{16}
Te-132		78.2 часов	2.815×10^5	1.125×10^{16}
Th-227	Торий (90)	18.718 суток	1.617×10^6	1.139×10^{15}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Th-228		1.9131 лет	6.033×10^{7}	3.039×10^{13}
Th-229		7340 лет	2.315×10^{11}	7.886×10^{9}
Th-230		7.7×10^{4} лет	2.428×10^{12}	7.484×10^{8}
Th-231		25.52 часов	9.187×10^{4}	1.970×10^{16}
Th-232		1.405×10^{10} лет	4.431×10^{17}	4.066×10^{3}
Th-234		24.1 суток	2.082×10^{6}	8.579×10^{14}
Ti-44	Титан (22)	47.3 лет	1.492×10^{9}	6.369×10^{12}
Tl-200	Таллий (81)	26.1 часов	9.396×10^{4}	2.224×10^{16}
Tl-201		3.044 суток	2.630×10^{5}	7.907×10^{15}
Tl-202		12.23 суток	1.057×10^{6}	1.958×10^{15}
Tl-204		3.779 лет	1.192×10^{8}	1.719×10^{13}
Tm-167	Тулий (69)	9.24 суток	7.983×10^{5}	3.135×10^{15}
Tm-170		128.6 суток	1.111×10^{7}	2.213×10^{14}
Tm-171		1.92 лет	6.055×10^{7}	4.037×10^{13}
U-230	Уран (92)	20.8 суток	1.797×10^{6}	1.011×10^{15}
U-232		72 лет	2.271×10^{9}	7.935×10^{11}
U-233		1.585×10^{5} лет	4.998×10^{12}	3.589×10^{8}
U-234		2.445×10^{5} лет	7.711×10^{12}	2.317×10^{8}
U-235		7.038×10^{8} лет	2.220×10^{16}	8.014×10^{4}
U-236		2.3415×10^{7} лет	7.384×10^{14}	2.399×10^{6}
U-238		4.468×10^{9} лет	1.409×10^{17}	1.246×10^{4}
V-48	Ванадий (23)	16.238 суток	1.403×10^{6}	6.207×10^{15}
V-49		330 суток	2.851×10^{7}	2.992×10^{14}
W-178	Вольфрам (74)	21.7 суток	1.875×10^{6}	1.253×10^{15}
W-181		121.2 суток	1.047×10^{7}	2.205×10^{14}
W-185		75.1 суток	6.489×10^{6}	3.482×10^{14}
W-187		23.9 часов	8.604×10^{4}	2.598×10^{16}
W-188		69.4 суток	5.996×10^{6}	3.708×10^{14}
Xe-122	Ксенон (54)	20.1 часов	7.236×10^{4}	4.735×10^{16}
Xe-123		2.08 часов	7.488×10^{3}	4.538×10^{17}
Xe-127		36.41 суток	3.146×10^{6}	1.046×10^{15}
Xe-131m		11.9 суток	1.028×10^{6}	3.103×10^{15}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.1. (продолж.)

Радионуклид	Элемент и атомный номер	Период полураспада		Удельная активность (Бк/г)
		$T_{1/2}$ (лет, суток,) часов, минут)	$T_{1/2}$ (сек)	
Xe-133		5.245 суток	4.532×10^5	6.935×10^{15}
Xe-135		9.09 часов	3.272×10^4	9.462×10^{16}
Y-87	Иттрий (39)	80.3 часов	2.891×10^5	1.662×10^{16}
Y-88		106.64 суток	9.214×10^6	5.155×10^{14}
Y-90		64 часов	2.304×10^5	2.016×10^{16}
Y-91		58.51 суток	5.055×10^6	9.086×10^{14}
Y-91m		49.71 минут	2.983×10^3	1.540×10^{18}
Y-92		3.54 часов	1.274×10^4	3.565×10^{17}
Y-93		10.1 часов	3.636×10^4	1.236×10^{17}
Yb-169	Иттербий (70)	32.01 суток	2.766×10^6	8.943×10^{14}
Yb-175		4.19 суток	3.620×10^5	6.598×10^{15}
Zn-65	Цинк (30)	243.9 суток	2.107×10^7	3.052×10^{14}
Zn-69		57 минут	3.420×10^3	1.771×10^{18}
Zn-69m		13.76 часов	4.954×10^4	1.223×10^{17}
Zr-88	Цирконий (40)	83.4 суток	7.206×10^6	6.592×10^{14}
Zr-93		1.53×10^6 лет	4.825×10^{13}	9.315×10^7
Zr-95		63.98 суток	5.528×10^6	7.960×10^{14}
Zr-97		16.9 часов	6.084×10^4	7.083×10^{16}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. ДОЗОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И КОЭФФИЦИЕНТЫ МОЩНОСТИ ДОЗЫ РАДИОНУКЛИДОВ ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕТКИ

(a) Коэффициент эффективной мощности дозы внешнего облучения фотонами рассчитан на расстоянии 1 м.
(b) Коэффициент эффективной мощности дозы внешнего бета-облучения рассчитан на расстоянии 1 м.
(c) Коэффициент эффективной дозы при ингаляции.
(d) Коэффициент дозы на кожу от загрязнения кожи.
(*) Коэффициент эффективной дозы от облака газообразных изотопов см. в Табл. I.1 Приложения I.

Радионуклид		$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Ac-225		2.0×10^{-14}	1.2×10^{-12}	7.9×10^{-06}	9.3×10^{-02}
Ac-227		9.6×10^{-17}	7.7×10^{-15}	5.4×10^{-04}	7.6×10^{-04}
Ac-228		8.3×10^{-14}	1.8×10^{-12}	2.5×10^{-08}	5.3×10^{-02}
Ag-105		5.0×10^{-14}	1.0×10^{-15}	7.8×10^{-10}	1.1×10^{-03}
Ag-108m		1.5×10^{-13}	1.7×10^{-13}	3.5×10^{-08}	4.7×10^{-03}
Ag-110m		2.4×10^{-13}	5.3×10^{-14}	1.2×10^{-08}	1.4×10^{-02}
Ag-111		2.4×10^{-15}	5.3×10^{-13}	1.7×10^{-09}	4.5×10^{-02}
Al-26		2.3×10^{-13}	7.1×10^{-12}	1.8×10^{-08}	3.9×10^{-02}
Am-241		3.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.9×10^{-05}	7.4×10^{-05}
Am-242m		2.5×10^{-15}	2.0×10^{-14}	3.5×10^{-05}	3.3×10^{-02}
Am-243		2.0×10^{-14}	3.8×10^{-15}	3.9×10^{-05}	6.8×10^{-02}
Ar-37		1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	2.8×10^{-05}
Ar-39	(*)	—	1.4×10^{-14}	—	—
Ar-41	(*)	1.1×10^{-13}	3.2×10^{-12}	—	—
As-72		1.6×10^{-13}	3.6×10^{-12}	9.2×10^{-10}	4.2×10^{-02}
As-73		1.1×10^{-15}	1.0×10^{-15}	9.3×10^{-10}	2.8×10^{-05}
As-74		7.1×10^{-14}	5.9×10^{-13}	2.1×10^{-09}	2.9×10^{-02}
As-76		4.0×10^{-14}	4.0×10^{-12}	7.4×10^{-10}	4.7×10^{-02}
As-77		7.7×10^{-16}	5.6×10^{-14}	3.8×10^{-10}	4.2×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
At-211	4.0×10^{-15}	1.0×10^{-15}	9.8×10^{-08}	6.3×10^{-05}
Au-193	1.4×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.2×10^{-10}	1.5×10^{-02}
Au-194	9.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.5×10^{-10}	4.6×10^{-03}
Au-195	7.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.6×10^{-09}	5.0×10^{-03}
Au-198	3.8×10^{-14}	9.1×10^{-13}	8.4×10^{-10}	4.6×10^{-02}
Au-199	7.1×10^{-15}	1.0×10^{-15}	7.5×10^{-10}	4.4×10^{-02}
Ba-131	6.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.6×10^{-10}	1.3×10^{-02}
Ba-133	3.8×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.5×10^{-09}	2.7×10^{-03}
Ba-133m	6.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.9×10^{-10}	4.5×10^{-02}
Ba-140	1.6×10^{-13}	2.2×10^{-12}	2.1×10^{-09}	9.0×10^{-02}
Be-7	4.8×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.2×10^{-11}	2.8×10^{-05}
Be-10	—	1.7×10^{-14}	3.2×10^{-08}	14.8×10^{-02}
Bi-205	1.4×10^{-13}	1.0×10^{-15}	9.2×10^{-10}	2.5×10^{-03}
Bi-206	2.9×10^{-13}	1.0×10^{-15}	1.7×10^{-09}	2.4×10^{-02}
Bi-207	1.4×10^{-13}	1.0×10^{-15}	5.2×10^{-09}	5.5×10^{-03}
Bi-210		7.7×10^{-13}	8.4×10^{-08}	4.5×10^{-02}
Bi-210m	2.3×10^{-14}	1.6×10^{-12}	3.1×10^{-06}	5.7×10^{-02}
Bi-212	1.0×10^{-13}	1.5×10^{-12}	3.0×10^{-08}	4.8×10^{-02}
Bk-247	9.1×10^{-15}	1.0×10^{-15}	6.5×10^{-05}	2.0×10^{-02}
Bk-249	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	1.5×10^{-07}	2.3×10^{-03}
Br-76	2.3×10^{-13}	1.6×10^{-12}	4.2×10^{-10}	2.8×10^{-02}
Br-77	2.9×10^{-14}	1.0×10^{-15}	8.7×10^{-11}	1.2×10^{-03}
Br-82	2.4×10^{-13}	1.0×10^{-15}	6.4×10^{-10}	3.6×10^{-02}
C-11	1.0×10^{-13}	5.0×10^{-13}	5.0×10^{-11}	4.8×10^{-02}
C-14	—	1.0×10^{-15}	5.8×10^{-10}	8.8×10^{-03}
Ca-41	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—
Ca-45	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	2.7×10^{-09}	2.3×10^{-02}
Ca-47	3.7×10^{-14}	2.7×10^{-14}	2.5×10^{-09}	8.4×10^{-02}
Cd-109	3.4×10^{-15}	1.0×10^{-15}	8.1×10^{-09}	1.4×10^{-02}
Cd-113m	—	1.1×10^{-14}	1.1×10^{-07}	4.0×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Cd-115	2.6×10^{-14}	3.0×10^{-13}	1.1×10^{-09}	7.1×10^{-02}
Cd-115m	2.0×10^{-15}	1.9×10^{-12}	7.3×10^{-09}	4.6×10^{-02}
Ce-139	1.5×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.8×10^{-09}	1.3×10^{-02}
Ce-141	6.3×10^{-15}	3.1×10^{-15}	3.6×10^{-09}	4.8×10^{-02}
Ce-143	2.7×10^{-14}	1.1×10^{-12}	8.1×10^{-10}	4.6×10^{-02}
Ce-144	4.5×10^{-15}	4.0×10^{-12}	4.9×10^{-08}	7.3×10^{-02}
Cf-248	1.5×10^{-16}	1.0×10^{-15}	8.2×10^{-06}	2.8×10^{-05}
Cf-249	3.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	6.6×10^{-05}	6.1×10^{-03}
Cf-250	1.5×10^{-16}	1.0×10^{-15}	3.2×10^{-05}	2.8×10^{-05}
Cf-251	1.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	6.7×10^{-05}	5.4×10^{-02}
Cf-252	2.1×10^{-12}	1.0×10^{-15}	1.8×10^{-05}	5.4×10^{-05}
Cf-253	8.1×10^{-18}	1.0×10^{-15}	1.2×10^{-06}	2.3×10^{-02}
Cf-254	7.1×10^{-11}	1.0×10^{-15}	3.7×10^{-05}	2.8×10^{-05}
Cl-36	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-13}	6.9×10^{-09}	4.4×10^{-02}
Cl-38	1.2×10^{-13}	4.5×10^{-12}	4.7×10^{-11}	5.0×10^{-02}
Cm-240	2.2×10^{-16}	1.0×10^{-15}	2.9×10^{-06}	2.8×10^{-05}
Cm-241	4.5×10^{-14}	1.0×10^{-15}	3.8×10^{-08}	1.9×10^{-02}
Cm-242	2.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.8×10^{-06}	2.8×10^{-05}
Cm-243	1.2×10^{-14}	1.0×10^{-15}	3.8×10^{-05}	3.4×10^{-02}
Cm-244	1.9×10^{-16}	1.0×10^{-15}	3.1×10^{-05}	2.8×10^{-05}
Cm-245	7.9×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.5×10^{-05}	1.0×10^{-02}
Cm-246	1.7×10^{-16}	1.0×10^{-15}	5.5×10^{-05}	2.8×10^{-05}
Cm-247	3.1×10^{-14}	6.3×10^{-15}	5.1×10^{-05}	—
Cm-248	5.6×10^{-12}	1.0×10^{-15}	2.0×10^{-04}	—
Co-55	1.9×10^{-13}	1.0×10^{-12}	5.5×10^{-10}	3.6×10^{-02}
Co-56	3.0×10^{-13}	6.7×10^{-14}	6.3×10^{-09}	9.5×10^{-03}
Co-57	1.0×10^{-14}	1.0×10^{-15}	9.4×10^{-10}	2.1×10^{-03}
Co-58	9.1×10^{-14}	1.3×10^{-15}	2.0×10^{-09}	7.4×10^{-03}
Co-58m	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	2.8×10^{-05}
Co-60	2.2×10^{-13}	1.4×10^{-15}	2.9×10^{-08}	2.9×10^{-02}
Cr-51	2.9×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	2.8×10^{-05}
Cs-129	2.8×10^{-14}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	7.4×10^{-04}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Cs-131	3.2×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	2.8×10^{-05}
Cs-132	6.7×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.4×10^{-10}	1.1×10^{-03}
Cs-134	1.4×10^{-13}	2.8×10^{-13}	6.8×10^{-09}	3.0×10^{-02}
Cs-134m	2.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	4.4×10^{-02}
Cs-135	—	1.0×10^{-15}	—	1.9×10^{-02}
Cs-136	2.0×10^{-13}	1.2×10^{-15}	1.3×10^{-09}	4.0×10^{-02}
Cs-137	5.6×10^{-14}	1.2×10^{-13}	4.8×10^{-09}	4.4×10^{-02}
Cu-64	1.8×10^{-14}	9.1×10^{-15}	1.2×10^{-10}	2.4×10^{-02}
Cu-67	1.0×10^{-14}	2.4×10^{-15}	5.8×10^{-10}	4.0×10^{-02}
Dy-159	5.0×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.5×10^{-10}	2.8×10^{-05}
Dy-165	2.4×10^{-15}	1.1×10^{-12}	6.1×10^{-11}	4.6×10^{-02}
Dy-166	2.9×10^{-15}	1.2×10^{-12}	2.5×10^{-09}	8.1×10^{-02}
Er-169	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	9.8×10^{-10}	2.9×10^{-02}
Er-171	3.4×10^{-14}	1.2×10^{-12}	2.2×10^{-10}	5.5×10^{-02}
Eu-147	4.5×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.0×10^{-09}	7.4×10^{-03}
Eu-148	2.0×10^{-13}	1.0×10^{-15}	2.7×10^{-09}	1.4×10^{-03}
Eu-149	6.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	2.7×10^{-10}	3.8×10^{-04}
Eu-150 (долгожив.)	1.4×10^{-13}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-08}	3.9×10^{-03}
Eu-150 (короткож.)	4.3×10^{-15}	6.7×10^{-13}	1.9×10^{-10}	4.0×10^{-02}
Eu-152	1.0×10^{-13}	5.9×10^{-15}	3.9×10^{-08}	2.1×10^{-02}
Eu-152m	2.7×10^{-14}	1.2×10^{-12}	2.2×10^{-10}	3.6×10^{-02}
Eu-154	1.1×10^{-13}	6.3×10^{-13}	5.0×10^{-08}	5.0×10^{-02}
Eu-155	5.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	6.5×10^{-09}	8.7×10^{-03}
Eu-156	1.1×10^{-13}	1.4×10^{-12}	3.3×10^{-09}	4.2×10^{-02}
F-18	1.0×10^{-13}	3.6×10^{-14}	6.0×10^{-11}	4.8×10^{-02}
Fe-52	2.4×10^{-13}	3.1×10^{-12}	6.3×10^{-10}	7.4×10^{-02}
Fe-55	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	7.7×10^{-10}	2.8×10^{-05}
Fe-59	1.1×10^{-13}	2.3×10^{-14}	3.5×10^{-09}	3.1×10^{-02}
Fe-60	5.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	2.4×10^{-07}	7.6×10^{-03}
Ga-67	1.4×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.3×10^{-10}	8.6×10^{-03}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Ga-68	9.1×10^{-14}	2.2×10^{-12}	5.1×10^{-11}	4.2×10^{-02}
Ga-72	2.3×10^{-13}	2.7×10^{-12}	5.5×10^{-10}	4.5×10^{-02}
Gd-146	1.9×10^{-13}	3.4×10^{-15}	6.8×10^{-09}	2.7×10^{-02}
Gd-148	—	—	2.5×10^{-05}	—
Gd-153	1.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.1×10^{-09}	3.1×10^{-03}
Gd-159	4.8×10^{-15}	3.2×10^{-13}	2.7×10^{-10}	4.4×10^{-02}
Ge-68	9.1×10^{-14}	2.2×10^{-12}	1.3×10^{-08}	4.2×10^{-02}
Ge-71	1.9×10^{-16}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	2.8×10^{-05}
Ge-77	9.1×10^{-14}	3.0×10^{-12}	3.6×10^{-10}	4.6×10^{-02}
Hf-172	1.7×10^{-13}	1.0×10^{-15}	3.2×10^{-08}	1.6×10^{-02}
Hf-175	3.4×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.1×10^{-09}	5.9×10^{-03}
Hf-181	5.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	4.7×10^{-09}	5.6×10^{-02}
Hf-182	2.2×10^{-14}	1.0×10^{-15}	—	—
Hg-194	9.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	4.0×10^{-08}	4.6×10^{-03}
Hg-195m	3.2×10^{-14}	1.0×10^{-15}	9.4×10^{-09}	3.8×10^{-02}
Hg-197	6.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	4.4×10^{-09}	1.8×10^{-03}
Hg-197m	7.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	6.2×10^{-09}	7.9×10^{-02}
Hg-203	2.2×10^{-14}	1.0×10^{-15}	7.5×10^{-09}	2.5×10^{-02}
Ho-166	2.6×10^{-15}	2.3×10^{-12}	6.6×10^{-10}	4.8×10^{-02}
Ho-166m	1.6×10^{-13}	1.0×10^{-15}	1.1×10^{-07}	2.2×10^{-02}
I-123	1.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.1×10^{-10}	9.5×10^{-03}
I-124	9.1×10^{-14}	1.7×10^{-13}	1.2×10^{-08}	1.1×10^{-02}
I-125	6.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.4×10^{-08}	2.8×10^{-05}
I-126	4.3×10^{-14}	1.6×10^{-13}	2.9×10^{-08}	2.1×10^{-02}
I-129	3.4×10^{-15}	1.0×10^{-15}	—	—
I-131	3.6×10^{-14}	5.0×10^{-14}	2.0×10^{-08}	4.0×10^{-02}
I-132	2.1×10^{-13}	2.3×10^{-12}	2.8×10^{-10}	4.6×10^{-02}
I-133	5.6×10^{-14}	1.4×10^{-12}	4.5×10^{-09}	4.5×10^{-02}
I-134	2.4×10^{-13}	3.1×10^{-12}	7.2×10^{-11}	4.7×10^{-02}
I-135	1.2×10^{-13}	1.6×10^{-12}	9.6×10^{-10}	4.5×10^{-02}
In-111	3.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.3×10^{-10}	9.3×10^{-03}
In-113m	2.4×10^{-14}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	1.7×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид		$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
In-114m		9.1×10^{-15}	1.0×10^{-15}	9.3×10^{-09}	5.8×10^{-02}
In-115m		1.5×10^{-14}	1.0×10^{-15}	6.0×10^{-11}	2.7×10^{-02}
Ir-189		7.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.5×10^{-10}	1.6×10^{-03}
Ir-190		1.3×10^{-13}	1.0×10^{-15}	2.3×10^{-09}	3.7×10^{-02}
Ir-192		7.7×10^{-14}	2.2×10^{-14}	6.2×10^{-09}	4.5×10^{-02}
Ir-194		8.3×10^{-15}	3.0×10^{-12}	5.6×10^{-10}	4.7×10^{-02}
K-40		1.4×10^{-14}	1.1×10^{-12}	—	—
K-42		2.4×10^{-14}	4.5×10^{-12}	1.3×10^{-10}	4.9×10^{-02}
K-43		9.1×10^{-14}	1.4×10^{-12}	1.5×10^{-10}	4.5×10^{-02}
Kr-81	(*)	9.1×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—
Kr-85	(*)	2.1×10^{-16}	7.1×10^{-14}	—	—
Kr-85m	(*)	1.3×10^{-14}	1.3×10^{-13}	—	—
Kr-87	(*)	6.7×10^{-14}	4.8×10^{-12}	—	—
La-137		3.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	8.6×10^{-09}	2.8×10^{-05}
La-140		2.0×10^{-13}	2.7×10^{-12}	1.1×10^{-09}	4.7×10^{-02}
Lu-172		1.7×10^{-13}	1.0×10^{-15}	1.5×10^{-09}	1.3×10^{-02}
Lu-173		1.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.3×10^{-09}	1.6×10^{-03}
Lu-174		1.2×10^{-14}	1.0×10^{-15}	4.0×10^{-09}	9.6×10^{-04}
Lu-174m		6.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.8×10^{-09}	7.5×10^{-04}
Lu-177		3.0×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.1×10^{-09}	3.8×10^{-02}
Mg-28		2.7×10^{-13}	4.0×10^{-12}	1.9×10^{-09}	8.7×10^{-02}
Mn-52		3.1×10^{-13}	1.4×10^{-15}	1.4×10^{-09}	1.5×10^{-02}
Mn-53		1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—
Mn-54		7.7×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.5×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Mn-56		1.5×10^{-13}	3.3×10^{-12}	1.3×10^{-10}	4.7×10^{-02}
Mo-93		1.2×10^{-15}	1.0×10^{-15}	2.2×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Mo-99		1.6×10^{-14}	8.0×10^{-13}	9.7×10^{-10}	5.1×10^{-02}
N-13		1.0×10^{-13}	1.1×10^{-12}	—	4.8×10^{-02}
Na-22		2.0×10^{-13}	2.6×10^{-13}	1.3×10^{-09}	4.2×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Na-24	3.3×10^{-13}	5.0×10^{-12}	2.9×10^{-10}	4.7×10^{-02}
Nb-93m	2.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	1.6×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Nb-94	1.5×10^{-13}	1.0×10^{-15}	4.5×10^{-08}	4.0×10^{-02}
Nb-95	7.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.6×10^{-09}	7.0×10^{-03}
Nb-97	6.3×10^{-14}	1.1×10^{-12}	4.7×10^{-11}	4.6×10^{-02}
Nd-147	1.4×10^{-14}	1.8×10^{-13}	2.3×10^{-09}	4.3×10^{-02}
Nd-149	3.4×10^{-14}	1.6×10^{-12}	9.0×10^{-11}	5.4×10^{-02}
Ni-59	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—
Ni-63	—	1.0×10^{-15}	1.7×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Ni-65	4.8×10^{-14}	2.3×10^{-12}	8.7×10^{-11}	4.6×10^{-02}
Np-235	7.1×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.0×10^{-10}	2.8×10^{-05}
Np-236 (долгожив.)	1.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	3.0×10^{-06}	5.6×10^{-02}
Np-236 (короткож.)	4.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-09}	1.9×10^{-02}
Np-237	3.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	2.1×10^{-05}	—
Np-239	1.5×10^{-14}	3.8×10^{-15}	9.0×10^{-10}	6.7×10^{-02}
Os-185	6.7×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.5×10^{-09}	1.2×10^{-03}
Os-191	6.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.8×10^{-09}	1.2×10^{-02}
Os-191m	7.7×10^{-16}	1.0×10^{-15}	1.5×10^{-10}	1.0×10^{-03}
Os-193	6.7×10^{-15}	6.3×10^{-13}	5.1×10^{-10}	4.7×10^{-02}
Os-194	8.3×10^{-15}	3.2×10^{-12}	7.9×10^{-08}	4.7×10^{-02}
P-32	—	2.2×10^{-12}	3.2×10^{-09}	4.7×10^{-02}
P-33	—	1.0×10^{-15}	1.4×10^{-09}	2.3×10^{-02}
Pa-230	6.0×10^{-14}	1.0×10^{-15}	7.6×10^{-07}	1.3×10^{-02}
Pa-231	1.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.3×10^{-04}	1.5×10^{-03}
Pa-233	1.9×10^{-14}	1.0×10^{-15}	3.7×10^{-09}	4.2×10^{-02}
Pb-201	6.7×10^{-14}	1.0×10^{-15}	6.5×10^{-11}	8.4×10^{-03}
Pb-202	1.1×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	1.7×10^{-03}
Pb-203	2.8×10^{-14}	1.0×10^{-15}	9.1×10^{-11}	1.1×10^{-02}
Pb-205	1.2×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Pb-210	4.2×10^{-16}	7.7×10^{-13}	9.8×10^{-07}	4.5×10^{-02}
Pb-212	1.0×10^{-13}	1.4×10^{-12}	2.3×10^{-07}	1.0×10^{-01}
Pd-103	2.1×10^{-15}	1.0×10^{-15}	4.0×10^{-10}	2.8×10^{-05}
Pd-107	—	1.0×10^{-15}	—	—
Pd-109	1.4×10^{-15}	5.3×10^{-13}	3.6×10^{-10}	5.9×10^{-02}
Pm-143	3.0×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.4×10^{-09}	7.7×10^{-05}
Pm-144	1.5×10^{-13}	1.0×10^{-15}	7.8×10^{-09}	8.2×10^{-04}
Pm-145	3.8×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.4×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Pm-147	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.7×10^{-09}	1.6×10^{-02}
Pm-148m	1.2×10^{-13}	1.3×10^{-13}	5.4×10^{-09}	3.9×10^{-02}
Pm-149	1.0×10^{-15}	5.9×10^{-13}	7.2×10^{-10}	4.5×10^{-02}
Pm-151	3.0×10^{-14}	5.6×10^{-13}	4.5×10^{-10}	4.5×10^{-02}
Po-210	7.9×10^{-19}	1.0×10^{-15}	3.0×10^{-06}	2.8×10^{-05}
Pr-142	5.0×10^{-15}	2.8×10^{-12}	5.6×10^{-10}	4.6×10^{-02}
Pr-143	1.0×10^{-16}	3.3×10^{-13}	2.3×10^{-09}	4.4×10^{-02}
Pt-188	1.0×10^{-13}	1.0×10^{-15}	8.8×10^{-10}	3.6×10^{-02}
Pt-191	2.8×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.1×10^{-10}	7.9×10^{-03}
Pt-193	1.1×10^{-16}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	2.8×10^{-05}
Pt-193m	1.1×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.3×10^{-10}	5.1×10^{-02}
Pt-195m	6.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.9×10^{-10}	5.7×10^{-02}
Pt-197	2.1×10^{-15}	4.2×10^{-14}	9.1×10^{-11}	4.4×10^{-02}
Pt-197m	7.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	4.8×10^{-02}
Pu-236	2.2×10^{-16}	1.0×10^{-15}	1.8×10^{-05}	4.3×10^{-05}
Pu-237	4.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.6×10^{-10}	2.3×10^{-04}
Pu-238	1.9×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.3×10^{-05}	2.8×10^{-05}
Pu-239	7.5×10^{-17}	1.0×10^{-15}	4.7×10^{-05}	—
Pu-240	1.8×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.7×10^{-05}	—
Pu-241	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	8.5×10^{-07}	2.8×10^{-05}
Pu-242	1.5×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.4×10^{-05}	—
Pu-244	3.2×10^{-14}	2.6×10^{-12}	4.4×10^{-05}	—
Ra-223	2.6×10^{-14}	2.5×10^{-12}	6.9×10^{-06}	1.1×10^{-01}
Ra-224	9.1×10^{-14}	2.3×10^{-12}	3.1×10^{-06}	1.0×10^{-01}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Ra-225	8.3×10^{-15}	4.5×10^{-12}	1.4×10^{-05}	1.2×10^{-01}
Ra-226	1.5×10^{-13}	4.0×10^{-12}	1.9×10^{-05}	1.0×10^{-01}
Ra-228	8.3×10^{-14}	1.8×10^{-12}	2.6×10^{-06}	5.3×10^{-02}
Rb-81	5.9×10^{-14}	6.7×10^{-14}	5.0×10^{-11}	3.4×10^{-02}
Rb-83	4.8×10^{-14}	1.0×10^{-15}	7.1×10^{-10}	6.4×10^{-05}
Rb-84	8.3×10^{-14}	2.5×10^{-14}	1.1×10^{-09}	1.2×10^{-02}
Rb-86	8.3×10^{-15}	2.1×10^{-12}	9.6×10^{-10}	4.6×10^{-02}
Rb-87	—	1.0×10^{-15}	—	—
Rb(природн.)	—	1.0×10^{-15}	—	—
Re-184	8.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.8×10^{-09}	1.6×10^{-02}
Re-184m	3.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	6.1×10^{-09}	2.2×10^{-02}
Re-186	1.7×10^{-15}	5.0×10^{-13}	1.1×10^{-09}	4.7×10^{-02}
Re-187	—	1.0×10^{-15}	—	—
Re-188	5.0×10^{-15}	2.9×10^{-12}	5.5×10^{-10}	5.2×10^{-02}
Re-189	3.1×10^{-15}	4.0×10^{-13}	4.3×10^{-10}	4.9×10^{-02}
Re(природн.)	—	1.0×10^{-15}	—	—
Rh-99	5.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	8.3×10^{-10}	3.7×10^{-03}
Rh-101	2.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-09}	1.1×10^{-02}
Rh-102	2.0×10^{-13}	1.0×10^{-15}	1.6×10^{-08}	5.1×10^{-04}
Rh-102m	4.5×10^{-14}	1.1×10^{-13}	6.7×10^{-09}	1.5×10^{-02}
Rh-103m	2.2×10^{-16}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	2.8×10^{-05}
Rh-105	7.1×10^{-15}	5.6×10^{-15}	3.4×10^{-10}	3.5×10^{-02}
Rn-222	1.5×10^{-13}	3.8×10^{-12}	—	—
Ru-97	2.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.1×10^{-10}	2.1×10^{-03}
Ru-103	4.5×10^{-14}	5.0×10^{-15}	2.8×10^{-09}	1.8×10^{-02}
Ru-105	7.1×10^{-14}	8.3×10^{-13}	1.8×10^{-10}	4.5×10^{-02}
Ru-106	1.9×10^{-14}	4.5×10^{-12}	6.2×10^{-08}	4.9×10^{-02}
S-35	—	1.0×10^{-15}	1.3×10^{-09}	9.4×10^{-03}
Sb-122	4.2×10^{-14}	2.3×10^{-12}	1.0×10^{-09}	4.5×10^{-02}
Sb-124	1.6×10^{-13}	1.4×10^{-12}	6.1×10^{-09}	4.0×10^{-02}
Sb-125	4.2×10^{-14}	4.0×10^{-15}	4.5×10^{-09}	2.1×10^{-02}
Sb-126	2.6×10^{-13}	7.7×10^{-13}	2.7×10^{-09}	3.9×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Sc-44	2.0×10^{-13}	1.6×10^{-12}	1.9×10^{-10}	4.5×10^{-02}
Sc-46	1.9×10^{-13}	1.0×10^{-15}	6.4×10^{-09}	3.3×10^{-02}
Sc-47	9.1×10^{-15}	5.9×10^{-15}	7.0×10^{-10}	3.9×10^{-02}
Sc-48	3.0×10^{-13}	1.1×10^{-12}	1.1×10^{-09}	4.3×10^{-02}
Se-75	3.4×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.4×10^{-09}	2.8×10^{-03}
Se-79	—	1.0×10^{-15}	2.9×10^{-09}	1.2×10^{-02}
Si-31	1.0×10^{-16}	1.7×10^{-12}	8.0×10^{-11}	4.7×10^{-02}
Si-32	—	1.0×10^{-15}	1.1×10^{-07}	1.7×10^{-02}
Sm-145	7.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.5×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Sm-147	—	—	—	—
Sm-151	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	3.7×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Sm-153	5.9×10^{-15}	1.1×10^{-13}	6.1×10^{-10}	4.5×10^{-02}
Sn-113	2.7×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.5×10^{-09}	1.7×10^{-02}
Sn-117m	1.4×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.3×10^{-09}	7.0×10^{-02}
Sn-119m	1.6×10^{-15}	1.0×10^{-15}	2.0×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Sn-121m	7.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.2×10^{-09}	3.3×10^{-02}
Sn-123	6.3×10^{-16}	1.3×10^{-12}	7.7×10^{-09}	4.5×10^{-02}
Sn-125	2.8×10^{-14}	2.7×10^{-12}	3.0×10^{-09}	4.5×10^{-02}
Sn-126	1.5×10^{-13}	1.7×10^{-12}	2.7×10^{-08}	7.7×10^{-02}
Sr-82	1.0×10^{-13}	4.2×10^{-12}	1.0×10^{-08}	4.7×10^{-02}
Sr-85	4.8×10^{-14}	1.0×10^{-15}	7.7×10^{-10}	3.3×10^{-04}
Sr-85m	1.9×10^{-14}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	1.5×10^{-03}
Sr-87m	3.0×10^{-14}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	8.5×10^{-03}
Sr-89	1.0×10^{-16}	1.6×10^{-12}	7.5×10^{-09}	4.6×10^{-02}
Sr-90	1.0×10^{-16}	3.1×10^{-12}	1.5×10^{-07}	8.8×10^{-02}
Sr-91	6.6×10^{-14}	3.3×10^{-12}	4.1×10^{-10}	4.6×10^{-02}
Sr-92	1.2×10^{-14}	9.1×10^{-13}	4.2×10^{-10}	8.9×10^{-02}
T(H-3)	—	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	—
Ta-178 (2.2 час)	9.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	6.9×10^{-11}	3.4×10^{-02}
Ta-179	3.2×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.2×10^{-10}	2.8×10^{-05}
Ta-182	1.1×10^{-13}	7.7×10^{-14}	9.7×10^{-09}	5.2×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Tb-157	3.2×10^{-16}	1.0×10^{-15}	1.1×10^{-09}	2.8×10^{-05}
Tb-158	7.1×10^{-14}	6.3×10^{-15}	4.3×10^{-08}	1.5×10^{-02}
Tb-160	1.0×10^{-13}	4.3×10^{-13}	6.6×10^{-09}	4.8×10^{-02}
Tc-95m	6.7×10^{-14}	1.0×10^{-15}	8.7×10^{-10}	2.3×10^{-03}
Tc-96	2.3×10^{-13}	1.0×10^{-15}	7.1×10^{-10}	2.0×10^{-04}
Tc-96m	2.3×10^{-13}	1.0×10^{-15}	7.0×10^{-10}	2.0×10^{-04}
Tc-97	1.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	—	—
Tc-97m	1.2×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.1×10^{-09}	1.9×10^{-02}
Tc-98	1.3×10^{-13}	1.0×10^{-15}	—	4.1×10^{-02}
Tc-99	—	1.0×10^{-15}	—	3.1×10^{-02}
Tc-99m	1.0×10^{-14}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	6.5×10^{-03}
Te-121	5.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	3.9×10^{-10}	2.8×10^{-04}
Te-121m	2.0×10^{-14}	1.0×10^{-15}	4.2×10^{-09}	1.1×10^{-02}
Te-123m	1.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	3.9×10^{-09}	2.4×10^{-02}
Te-125m	5.0×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.3×10^{-09}	3.1×10^{-02}
Te-127	4.5×10^{-16}	5.3×10^{-14}	1.2×10^{-10}	4.2×10^{-02}
Te-127m	2.0×10^{-15}	5.3×10^{-14}	7.2×10^{-09}	5.6×10^{-02}
Te-129	5.9×10^{-15}	1.5×10^{-12}	5.0×10^{-11}	4.6×10^{-02}
Te-129m	7.7×10^{-15}	1.2×10^{-12}	6.3×10^{-09}	6.3×10^{-02}
Te-131m	1.3×10^{-13}	8.3×10^{-13}	1.1×10^{-09}	5.7×10^{-02}
Te-132	2.0×10^{-13}	2.0×10^{-12}	2.2×10^{-09}	6.6×10^{-02}
Th-227	9.1×10^{-15}	1.0×10^{-15}	9.6×10^{-06}	5.9×10^{-03}
Th-228	1.3×10^{-13}	1.9×10^{-12}	3.9×10^{-05}	1.0×10^{-01}
Th-229	8.1×10^{-15}	1.0×10^{-15}	9.9×10^{-05}	1.6×10^{-02}
Th-230	1.4×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.0×10^{-05}	—
Th-231	2.6×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.1×10^{-06}	2.3×10^{-02}
Th-232	8.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	—	—
Th-234	2.4×10^{-15}	3.3×10^{-12}	7.3×10^{-09}	5.6×10^{-02}
Th(природн.)	2.2×10^{-13}	3.7×10^{-12}	—	—
Ti-44	2.1×10^{-13}	1.6×10^{-12}	1.2×10^{-07}	4.5×10^{-02}
Tl-200	1.2×10^{-13}	1.0×10^{-15}	1.4×10^{-10}	3.9×10^{-03}
Tl-201	8.3×10^{-15}	1.0×10^{-15}	4.7×10^{-11}	7.0×10^{-03}
Tl-202	4.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.0×10^{-10}	1.7×10^{-03}
Tl-204	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-13}	4.4×10^{-10}	4.0×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид	$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Tm-167	1.4×10^{-14}	1.0×10^{-15}	1.1×10^{-09}	3.4×10^{-02}
Tm-170	5.0×10^{-16}	3.8×10^{-13}	6.6×10^{-09}	4.5×10^{-02}
Tm-171	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	1.3×10^{-09}	2.7×10^{-04}
U-230 (F)	1.9×10^{-15}	1.0×10^{-15}	3.6×10^{-07}	9.0×10^{-03}
U-230 (M)	1.9×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.2×10^{-05}	9.0×10^{-03}
U-230 (S)	1.9×10^{-15}	1.0×10^{-15}	1.5×10^{-05}	9.0×10^{-03}
U-232 (F)	2.1×10^{-16}	1.0×10^{-15}	4.0×10^{-06}	1.5×10^{-04}
U-232 (M)	2.1×10^{-16}	1.0×10^{-15}	7.2×10^{-06}	1.5×10^{-04}
U-232 (S)	2.1×10^{-16}	1.0×10^{-15}	3.5×10^{-05}	1.5×10^{-04}
U-233 (F)	1.3×10^{-16}	1.0×10^{-15}	5.7×10^{-07}	—
U-233 (M)	1.3×10^{-16}	1.0×10^{-15}	3.2×10^{-06}	—
U-233 (S)	1.3×10^{-16}	1.0×10^{-15}	8.7×10^{-06}	—
U-234 (F)	1.7×10^{-16}	1.0×10^{-15}	5.5×10^{-07}	—
U-234 (M)	1.7×10^{-16}	1.0×10^{-15}	3.1×10^{-06}	—
U-234 (S)	1.7×10^{-16}	1.0×10^{-15}	8.5×10^{-06}	—
U-235 (F)	1.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	—	—
U-235 (M)	1.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	—	—
U-235 (S)	1.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	—	—
U-236 (F)	1.5×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—
U-236 (M)	1.5×10^{-16}	1.0×10^{-15}	2.9×10^{-06}	—
U-236 (S)	1.5×10^{-16}	1.0×10^{-15}	7.9×10^{-06}	—
U-238 (F)	1.3×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—
U-238 (M)	1.3×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—
U-238 (S)	1.3×10^{-16}	1.0×10^{-15}	—	—
U(природн.)	1.6×10^{-13}	7.9×10^{-12}	—	—
U(обеднен.)	2.2×10^{-15}	3.1×10^{-12}	—	—
V-48	2.6×10^{-13}	3.3×10^{-13}	2.3×10^{-09}	2.5×10^{-02}
V-49	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	2.8×10^{-05}
W-178	1.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	7.6×10^{-11}	6.1×10^{-03}
W-181	3.8×10^{-15}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	5.2×10^{-05}
W-185	1.0×10^{-16}	1.0×10^{-15}	1.4×10^{-10}	3.4×10^{-02}
W-187	4.5×10^{-14}	4.8×10^{-13}	2.0×10^{-10}	4.5×10^{-02}
W-188	5.0×10^{-15}	2.7×10^{-12}	1.1×10^{-09}	7.9×10^{-02}
Xe-122 (*)	9.1×10^{-14}	2.5×10^{-12}	—	—
Xe-123 (*)	5.6×10^{-14}	1.0×10^{-13}	—	—

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.2. (продолж.)

Радионуклид		$\dot{e}_{pt}$ (a) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	$\dot{e}_{b}$ (b) (Зв·Бк$^{-1}$·час$^{-1}$)	e_{inh} (c) (Зв·Бк$^{-1}$)	$\dot{h}_{skin}$ (d) (Зв·м^{2}·ТБк$^{-1}$·с$^{-1}$)
Xe-127	(*)	2.6×10^{-14}	1.0×10^{-15}	—	—
Xe-131m	(*)	2.6×10^{-15}	1.0×10^{-15}	—	—
Xe-133	(*)	4.8×10^{-15}	1.0×10^{-15}	—	—
Xe-135	(*)	2.2×10^{-14}	2.9×10^{-13}	—	—
Y-87		7.1×10^{-14}	1.0×10^{-15}	4.0×10^{-10}	8.7×10^{-03}
Y-88		2.3×10^{-13}	1.0×10^{-15}	4.1×10^{-09}	1.3×10^{-04}
Y-90		1.0×10^{-16}	3.1×10^{-12}	1.5×10^{-09}	4.7×10^{-02}
Y-91		3.2×10^{-16}	1.7×10^{-12}	8.4×10^{-09}	4.6×10^{-02}
Y-91m		5.0×10^{-14}	1.0×10^{-15}	5.0×10^{-11}	2.3×10^{-03}
Y-92		2.3×10^{-14}	4.5×10^{-12}	2.0×10^{-10}	4.9×10^{-02}
Y-93		7.7×10^{-15}	3.8×10^{-12}	4.3×10^{-10}	4.8×10^{-02}
Yb-169		2.9×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.8×10^{-09}	2.7×10^{-02}
Yb-175		3.7×10^{-15}	1.0×10^{-15}	7.0×10^{-10}	3.2×10^{-02}
Zn-65		5.3×10^{-14}	1.0×10^{-15}	2.9×10^{-09}	6.7×10^{-04}
Zn-69		1.0×10^{-16}	3.1×10^{-13}	5.0×10^{-11}	4.5×10^{-02}
Zn-69m		2.9×10^{-14}	2.5×10^{-13}	2.9×10^{-10}	4.7×10^{-02}
Zr-88		3.8×10^{-14}	1.0×10^{-15}	3.5×10^{-09}	1.3×10^{-03}
Zr-93		—	1.0×10^{-15}	—	—
Zr-95		5.6×10^{-14}	2.2×10^{-15}	5.5×10^{-09}	3.3×10^{-02}
Zr-97		1.1×10^{-13}	2.7×10^{-12}	1.0×10^{-09}	4.9×10^{-02}

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА II.3. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ УРАНА ПРИ РАЗЛИЧНОМ ОБОГАЩЕНИИ

Массовая процентная доля U-235 в урановой смеси	Удельная активность [a,b]	
	Бк/к	Ки/г
0.45	1.8×10^4	5.0×10^{-7}
0.72 (природный)	2.6×10^4	7.06×10^{-7}
1.0	2.8×10^4	7.6×10^{-7}
1.5	3.7×10^4	1.0×10^{-6}
5.0	1.0×10^5	2.7×10^{-6}
10.0	1.8×10^5	4.8×10^{-6}
20.0	3.7×10^5	1.0×10^{-5}
35.0	7.4×10^5	2.0×10^{-5}
50.0	9.3×10^5	2.5×10^{-5}
90.0	2.2×10^6	5.8×10^{-5}
93.0	2.6×10^6	7.0×10^{-5}
95.0	3.4×10^6	9.1×10^{-5}

[a] Значения удельной активности включают активность U-234, накапливаемого в процессе обогащения; эти значения не учитывают вклад вторичных продуктов. Значения получены для природного урана, обогащенного методом газовой диффузии.

[b] Если происхождение материала неизвестно, удельную активность следует либо измерить, либо рассчитать используя данные о соотношении изотопов.

ЛИТЕРАТУРА К ПРИЛОЖЕНИЮ II

[II.1] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION, ICRP Publication No. 38, Vols 11–13, Pergamon Press, Oxford and New York (1983).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Приложение III

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРБОВАНИЙ К МИНИМАЛЬНЫМ РАЗДЕЛЯЮЩИМ РАССТОЯНИЯМ

ВВЕДЕНИЕ

III.1. Разделение используется в Правилах для перевозки и транзитного хранения со следующими тремя целями:

(1) Отделить упаковки с радиоактивными материалами от зон постоянно занятых людьми для обеспечения требуемой радиационной защиты (пункты 306 и 562(a));
(2) Отделить упаковки с радиоактивными материалами от необработанных фотопленок для обеспечения защиты пленок от непреднамеренного облучения или образования вуали (пункты 307 и 562(a)); и
(3) Отделить упаковки с радиоактивными материалами от упаковок с другими опасными грузами (пункты 506 и 562(b)).

III.2. В данном приложении содержится руководство по разработке критериев для отделения упаковок с радиоактивными материалами от зон, постоянно занятых персоналом и пассажирами. Аналогичная процедура может быть использована при разработке критериев для защиты необработанных фотопленок. Методы отделения упаковок с радиоактивными материалами от других опасных грузов кратко представлены в пункте 562.8.

III.3. Обычно компетентные органы на отдельных видах транспорта устанавливают разделение для радиационной защиты путем введения таблиц минимальных разделяющих расстояний, основанных на предельных значениях доз согласно пункта 306 Правил.

III.4. Процедура, представленная ниже, консервативна во многих отношениях. Например, предельные значения доз из пункта 306 определяются для границы постоянно занятой зоны. Поскольку люди могут перемещаться внутри зоны в течение времени присутствия упаковок с радиоактивными материалами, их результирующее облучение будет меньше, чем предельные значения [III.1]. Уровни излучения, используемые в процедуре, основаны на транспортном индексе (ТИ)

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

упаковки или на суммировании ТИ партии упаковок. При этом самоэкранирование в пределах партии упаковок не учитывается, и результирующий уровень излучения будет ниже того уровня, на которым основывались расчеты.

III.5. Чтобы установить данным методом требования по минимальным разделяющим расстояниям, прежде всего необходимо разработать модель условий перевозки для данного вида транспорта. При разработке модели необходимо учесть различные переменные параметры. Эти рассуждения хорошо известны и описаны в предыдущих расчетах, выполненных для воздушного [III.2, III.3] и морского [III.2] транспорта. Важными параметрами такой модели являются:

(a) Максимальное годовое время нахождения в пути (МГВП) для экипажа и критических групп из населения;
(b) Коэффициент перевозок радиоактивного материала (КПРМ), определяемый как отношение годового количества рейсов с упаковками категорий II-ЖЕЛТАЯ и III-ЖЕЛТАЯ с радиоактивными материалами[3] к общему годовому количеству рейсов;
(c) Максимальное годовое время облучения (МГВО), для экипажа и населения, являющееся произведением соответствующего МГВП и соответствующего КПРМ, т.е.

$$\text{МГВО (час/год)} = \text{МГВП (час/год)} \times \text{КПРМ} \qquad \text{(III.1)}$$

(d) Соответствующие значения доз (Д) из пункта 306 для экипажа и населения; и
(e) Опорные мощности дозы (ОМД) для экипажа и лиц из населения, используемые как основа для установления минимальных разделяющих расстояний и определяемые путем деления значений доз на соответствующее максимальное годовое время облучения, т.е.

$$\text{ОМД (мЗв/час)} = \text{Д (мЗв/год)}/\text{МГВО (час/год)} \qquad \text{(III.2)}$$

III.6. Далее представлен пример того, как может быть определено разделяющее расстояние в случаях пассажирского и грузового воздушных судов. Пример основан на конкретном наборе предположений и

[3] Упаковки категории -БЕЛАЯ исключены, т.к. они не создают существенной угрозы радиоактивного облучения.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

методов расчета. Возможно использование и других методов расчета. Рассмотрены три следующих возможных варианта:

(a) Размещение упаковок с радиоактивными материалами одной группой под основной палубой пассажирского воздушного судна;
(b) Размещение нескольких групп упаковок с радиоактивными материалами под основной палубой пассажирского воздушного судна с соблюдением предписанных расстояний между группами;
(c) Размещение на основной палубе либо комбинированного грузо-пассажирского (известного в авиапромышленности как «комби» самолет), или грузового воздушного судна.

III.7. В нижеследующих расчетах все упаковки и группы упаковок считаются едиными точечными источниками, уровни излучения от которых обратно пропорциональны квадрату расстояния. Учет размеров упаковок и конфигурации груза в общем случае приведет к некоторому уменьшению требуемого разделяющего расстояния; следовательно, подход ко всем группам упаковок как к одноточечным источникам дает консервативный результат.

РАЗМЕЩЕНИЕ ОДНОЙ ГРУППЫ УПАКОВОК ПОД ОСНОВНОЙ ПАЛУБОЙ НА ПАССАЖИРСКОМ ВОЗДУШНОМ СУДНЕ

III.8. В типичном пассажирском воздушном судне упаковки размещаются в грузовом отсеке непосредственно под пассажирским салоном. Наибольшему уровню облучения будет подвержен пассажир, находящийся в кресле прямо над упаковкой или группой упаковок с радиоактивными материалами. Все другие пассажиры будут подвержены облучению меньшего уровня. Эта ситуация изображена на Рис. III.1.

III.9. Фактическое минимальное расстояние (ФМР) разделения, между источником в упаковке (или группе упаковок) и интересующей точкой (представляющей пассажира) на типичном пассажирском воздушном судне будет равно сумме требуемого разделяющего расстояния (S, в метрах) между упаковкой и границей пассажирского салона, высоты кресла (хотя действительная высота кресел в большинстве самолетов близка к 0,5 м, здесь она консервативно принимается равной 0,4 м) и радиуса упаковки (r, в метрах):

$$ФМР = S + 0.4 + r \qquad (III.3)$$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

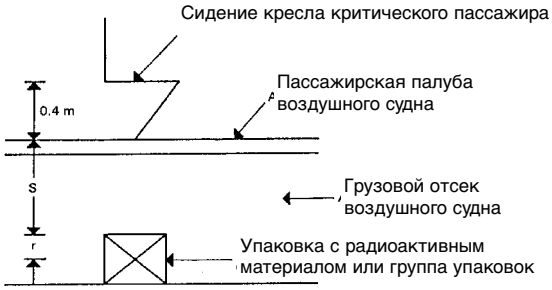


РИС. III.1. Типичное расположение пассажира и груза в пассажирском воздушном судне, используемое для определения разделяющего расстояния S

III.10. Параметр ТИ обеспечивает точную меру максимального уровня излучения на расстоянии 1 м от поверхности упаковки. Чтобы использовать единицы измерения системы СИ, значение ТИ необходимо разделить на 100. Отсюда закон обратной пропорциональности квадрату расстояния дает:

$$ОМД = (ТИ/100)(КП_f)\ (1.0 + r)^2/(ФМР)_2\ , \qquad (III.4)$$

где

ОМД – опорная мощность дозы на высоте кресла (мЗв/час),

ТИ – транспортный индекс, который, после деления на 100, представляет уровень излучения не расстоянии 1 м от поверхности упаковки (мЗв/час),

$КП_f$ – коэффициент пропускания для пола пассажирского салона, т.е. доля радиации, проходящая через конструкции самолета между источником и мишенью (безразмерна),

r – радиус упаковки или группы упаковок (половина наименьшего размера) (м)

ФМР – фактическое минимальное расстояние до точки облучения (м).

III.11. Подстановка уравнения (III.3) в уравнение (III.4) дает:

$$ОМД = (ТИ/100)(КП_f)(1.0 + r)^2/(S + 0{,}4 + r)^2 \qquad (III.5)$$

Решая относительно S, получаем:

$$S = [(ТИгКП_f)/(100гОМД)]^{1/2}\ (1 + r) - (r + 0{,}4) \qquad (III.6)$$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

III.12. Коэффициент пропускания ($КП_f$) зависит от энергии излучения от упаковки и конструкции пола самолета. Обычно он находится в диапазоне от 0,7 до 1,0. Комбинации ТИ, коэффициентов пропускания и размеров упаковки, приведенные в табл. III.1, были выбраны как консервативные, но реалистичные модели.

ТАБЛИЦА III.1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПРОПУСКАНИЯ

Транспортный (ТI) индекс	Коэффициент проспускания ($КП_f$)	Радиус упаковки (r) (м)
0–1,0	1,0	0,05
1,1–2,0	0,8	0,1
2,1–50	0,7	0,4

ТАБЛИЦА III.2. ИЗМЕНЕНИЕ РАЗДЕЛЯЮЩИХ РАССТОЯНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТРАНСПОРТНОГО ИНДЕКСА ДЛЯ ОТДЕЛЬНОЙ ГРУППЫ УПАКОВОК, РАЗМЕЩЕННЫХ ПОД ОСНОВНОЙ ПАЛУБОЙ ПАССАЖИРСКОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

Сумма ТИ для упаковок в группе	Вертикальное разделяющее расстояние (от верха группы упаковок до пола основной палубы(m))	
	Рассчитанная здесь[a]	В Технических инструкциях ИКАО 1995-1996 г.[b]
1,0	0,29	0,30
2,0	0,48	0,50
3,0	0,63	0,70
4,0	0,86	0,85
5,0	1,05	1,00
6,0	1,23	1,15
7,0	1,39	1,30
8,0	1,54	1,45
9,0	1,68	1,55
10,0	1,82	1,65

[a] Рассчитано по уравнению(III.6) с допущениями, указанными в данном приложении.

[b] Технические инструкции ИКАО по безопасной перевозке опасных грузов по воздуху [IIL5].

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

III.13. Опорная мощность дозы (ОМД) определяется из уравнений (III.1) и (III.2). Предполагается, что КПРМ равен 1 из 10 [III.4]. Чтобы установить международные применимые значения КПРМ для разработки обоснованных таблиц разделяющих расстояний необходимы данные. Установлено, что регулярно летающие пассажиры, такие как коммерческие агенты, могут проводить 500 часов в полете в течение года, следовательно, значение МГВГ для критической группы предполагается равным 500 час/год. Тогда из уравнения (III.1) получаем:

$$\text{МГВО} = (500\text{час/год})г(0{,}1) = 50 \text{ час/год}$$

III.14. Значение Д применительно к пассажиру согласно пункту 306(b) Правил равно 1,0 мЗв/год; и следовательно, соответствующее значение ОМД из уравнения (III.2) равно:

$$\text{ОМД} = (1 \text{ мЗв/год})/(50 \text{ час/год}) = 0{,}02 \text{ мЗв/час}$$

III.15. При размещении груза под основной палубой пассажирского воздушного судна облучение пилотов должно быть минимальным из-за расположения кабины относительно грузовых отсеков.

III.16. С этими предположениями уравнение (III.6) использовано для расчета разделяющих расстояний, приведенных во второй колонке табл. III.2. Для сравнения приведены также параметры разделения из Технических инструкций Международной организации гражданской авиации издания 1995 года [III.5]. При использовании в правилах организации международных перевозок цифры, подобные приведенным здесь, часто округляются для удобства.

РАЗМЕЩЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ГРУПП УПАКОВОК ПОД ОСНОВНОЙ ПАЛУБОЙ ПАССАЖИРСКОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

III.17. Следует отметить, что для большинства самолетов можно обеспечить расчетное разделяющее расстояние по вертикали 1,05 м для отдельной упаковки или группы упаковок с ТИ, равным 5, но для многих самолетов получить вертикальное разделяющее расстояние более 1,6 м невозможно. Это ограничивает суммарный ТИ отдельной группы упаковок, которая может быть помещена в пассажирское воздушное судно. Для увеличения суммарного ТИ груза, который может быть

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

размещен на пассажирском воздушном судне, необходимо распределить упаковки или группы упаковок в грузовых отсеках в нижней части фюзеляжа. Размещение пяти групп упаковок, каждая из которых имеет свое значение суммарного ТИ с постоянным пространственным шагом S' между группами, изображено на рис. III.2. Максимальный уровень излучения для пассажиров будет иметь место у кресла, находящегося прямо над центром группы упаковок.

III.18. Для случаев размещения, подобных показанному на рис. III.2, закон обратной пропорциональности квадрату расстояния дает:

$$ОМД = КП_f \sum_{i=1}^{5} (ТИ_i/100)(1.0 + r_i)^2/(ФМР_i)^2$$

III.19. Если предположить, что:

$$ТИ_i = 4, i = 1 – 5$$

$$r_i = 0{,}4 \text{ м}, i = 1 – 5$$

$$КП_f = 0{,}7$$

то ОМД = 0,02 мЗв/час. Заметим, что

$$AMD_1 = AMD_5 = \sqrt{(r + S + 0.4)^4 + (4r + 2S')^2}$$

$$AMD_2 = AMD_4 = \sqrt{(r + S + 0.4)^2 + (2r + S')^2} \qquad \text{(III.8)}$$

$$AMD_3 = r + S + 0.4$$

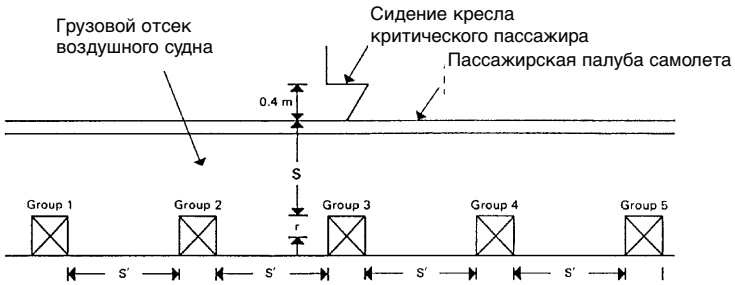


РИС. III.2. Типичное размещение пассажира и специального груза в пассажирском воздушном судне, использованное для определения разделяющего расстояния S при шаге размещения S'

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

III.20. Уравнения (III.7) и (III.8) объединяются для получения одного уравнения с двумя неизвестными S и S'. Перевозка упаковок, имеющих суммарный ТИ, равный 20, возможна при различных сочетаниях S и S' и разделяющем расстоянии менее 2,9 м. Например, при размещении пяти групп, каждая из которых имеет ТИ = 4, как показано на рис. III.2, разделяющее расстояние S = 1,6 м с шагом размещения S' = 2,11 м даст максимальный уровень излучения на высоте сидения 0,02 мЗв/час. Таким образом, различные комбинации разделяющих расстояний и шага размещения могут обеспечить безопасный уровень радиоактивного облучения пассажиров при больших значениях ТИ груза.

РАЗМЕЩЕНИЕ НА ОСНОВНОЙ ПАЛУБЕ ВОЗДУШНОГО СУДНА ТИПА «КОМБИ» ИЛИ ГРУЗОВОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

III.21. Для этих условий используются все параметры, предполагав-шиеся ранее, за исключением того, что $КП_w$ (коэффициент пропускания стены занятого людьми помещения) предполагается равным или большим 0,8.

III.22. Для экипажа сделаны следующие предположения[4]:

МГВГ= 1000 час/год
КПРМ = 1/4
МГВО = (1000 час/год)г(1/4) = 250 час/год
Д = 5,0 мЗв/год (из пункта 306(а) Правил)
ОМД = (5,0 мЗв/год)/(250 час/год) = 0,02 мЗв/год

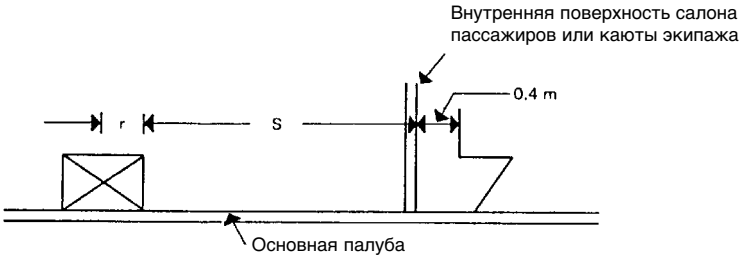


РИС. III.3. Типичное расположение груза на основной палубе на воздушном судне типа «комби» или на грузовом воздушном судне.

[4] Предполагаемые здесь значения МКВК и КПРМ для членов экипажа не были верифицированы для реальных полетных ситуаций.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

III.23. Значения МГВГ и МГВО, использованные ранее для пассажиров на пассажирском судне, используются здесь также. С этими предположениями расчеты для пассажиров воздушного судна типа «комби» или экипажа грузового воздушного судна дадут те же разделяющие расстояния.

III.24. Ситуация для воздушного судна типа «комби» или грузового воздушного судна изображена на рис. III.3. Минимальное горизонтальное расстояние между спинкой кресла пассажира и внутренней стенкой занятого людьми салона также принимается равным 0,4 м. Это, вероятно, консервативное значение потому, что, если груз находится впереди, то у разделяющей стены будут ноги пассажира, а если сзади, то там обычно находятся приборы, кухня, туалеты или, по крайней мере, багаж или пространство для откидывания спинки заднего кресла. Для этой ситуации применяется уравнение (III.3) для ФРП, и

$$S = [(\text{ТИгКП}_w)/(100 \times \text{ОМД})]^{1/2} (1 + r) - (r + 0{,}4)$$

ТАБЛИЦА III.3. ИЗМЕНЕНИЕ РАЗДЕЛЯЮЩИХ РАССТОЯНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТРАНСПОРТНОГО ИНДЕКСА ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ НА ОСНОВНОЙ ПАЛУБЕ ВОЗДУШНОГО СУДНА ТИПА «КОМБИ» ИЛИ ГРУЗОВОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

Сумма ТИ для упаковок в группе	Разделяющие растояния (от переднего края группы упаковок до внутренней стены занятого помещения (м))
1,0	0,29
2,0	0,48
5,0	1,18
10,0	2,00
20,0	3,16
30,0	4,05
40,0	4,80
50,0	5,46
100,0	8,05
150,0	10,04
200,0	11,72

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

III.25. Разделяющие расстояния, рассчитанные для воздушного судна типа «комби» или грузового воздушного судна представлены в табл. III.3.

РАЗДЕЛЯЮЩИЕ РАССТОЯНИЯ ДЛЯ НЕОБРАБОТАННЫХ ФОТОПЛЕНОК

III.26. При определении требований к разделяющим расстояниям для упаковок, маркированных как упаковки, содержащие необработанную фотопленку может быть использован подход, аналогичный описанному выше. Однако, вместо моделирования времени облучения при повторяющихся рейсах учитывается единичный рейс. Для этого единичного рейса при расчете разделяющего расстояния S и заданных временах перевозки обычно используется максимально допустимая доза 0,1 мЗв, см. пункт 307.

ЛИТЕРАТУРА К ПРИЛОЖЕНИЮ III

[III.1] WILSON, C.K., The air transport of radioactive materials, Radiat. Prot. Dosim. 48 1 (1993) 129–133.

[III.2] GIBSON, R., The Safe Transport of Radioactive Materials, Pergamon Press, Oxford and New York (1966).

[III.3] UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION, Recommendations for Revising Regulations Governing the Transportation of Radioactive Material in Passenger Aircraft (July 1994) [available at the US Nuclear Regulatory Commission's Public Document Room, Washington, DC].

[III.4] GELDER, R., Radiological Impact of the Normal Transport of Radioactive Materials by Air, Rep. NRPB M219, National Radiological Protection Board, Chilton (1990).

[III.5] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air, 1998–1999 Edition, ICAO, Montreal (1996). Издание документа на русском языке см. в Литературе к Разделу 3.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Приложение IV

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ВВЕДЕНИЕ

IV.1. Целью Правил является достижение безопасности населения и персонала при перевозке радиоактивных материалов за счет выполнения эффективных программ обеспечения качества и программ обеспечения соблюдения Правил.

IV.2. Это приложение основано на опыте и требованиях ряда признанных на международном уровне норм и стандартов по обеспечению качества, включая документы МАГАТЭ, Серия изданий по безопасности № 50-C/SG-Q 1996 [IV.1], и ИСО, стандарты ИСО 9001 (1994) [IV.2]; дополнительные рекомендации и вспомогательные примеры содержатся в документе МАГАТЭ Серия изданий по безопасности № 113 [IV.3]. Ожидается, что промышленность, использующая радиоактивные материалы, будет использовать это приложение при разработке программ обеспечения качества, поскольку оно сфокусировано на их нуждах по соответствующему обеспечению качества в данной области. Предыдущая версия этого приложения, хотя и не предназначалась служить в качестве «норм» по обеспечению качества, была широко распространена и принята многими государствами-членами МАГАТЭ и промышленностью, поскольку в нем были рассмотрены важные принципы обеспечения качества специально в отношении перевозок.

IV.3. Организациям, не имеющим программы обеспечения качества или имеющим программы обеспечения качества, основанные на структуре Правил МАГАТЭ издания 1985 года, следует предпринять усилия для разработки программы транспортной деятельности в соответствии со структурой, представленной в этом приложении. С опорой на документ Серии изданий по безопасности № 113 [IV.3] данное приложение представляет принципы и цели, которые должны быть приняты как при разработке удовлетворительной общей программы обеспечения качества исключительно для перевозки радиоактивных материалов, так и при разработке дополнений к существующей программе обеспечения качества с целью охвата конкретно тех сторон ответственности организации, которые относятся к перевозкам, частым или редким, радиоактивных

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

материалов. В каждом случае принципы для каждого типа программы одни и те же и направлены на обеспечение того, что все требования, применимые к упаковке и перевозке соблюдены соответствующим образом, и что это можно продемонстрировать компетентному органу в любое время в течение срока службы упаковки.

IV.4. Принципы обеспечения качества, описанные в этом приложении, могут во многих случаях применяться одной или большим количеством организаций в зависимости от организации дела в соответствующих государствах-членах МАГАТЭ. Такие вариации будут иметь место вследствие различающихся национальных регулирующих требований, общей организации промышленности и степени сложности и опыта технических организаций, вовлеченных в перевозки радиоактивных материалов. В любом случае следует все время держать в поле зрения основной смысл принципов и организовывать соответствующим образом детальные процедуры их реализации.

IV.5. Программы обеспечения качества требуются для всех упаковок с радиоактивными материалами и операций с ними, а не только для тех, которые являются предметом утверждения компетентного органа. При выдаче сертификата об утверждении Правилами МАГАТЭ требуется, чтобы компетентный орган включал ссылку на применяемую программу обеспечения качества в этот сертификат. Программы обеспечения качества, касающиеся материалов и упаковок, утверждаемых компетентным органом, следует делать предметом анализа и аудита со стороны компетентного органа. Аналогично, программы обеспечения качества, охватывающие упаковки для перевозки радиоактивных материалов и операции, не подлежащие утверждению со стороны компетентного органа, также следует делать предметом анализа и аудита со стороны ответственной организации. Всем вовлеченным организациям следует оказывать необходимую помощь компетентному органу и его представителям в этой работе.

IV.6. При пересмотре ранней редакции Приложения IV раздел, называвшийся «Контроль за использованием упаковок и уход за ними» был изъят, и более подходящие части элементов программы обеспечения качества были откорректированы, чтобы охватить важные проблемы. Это значительное изменение привело данное издание приложения в большее соответствие со стандартами обеспечения качества, используемыми в мире.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

IV.7. Проект этого приложения был подготовлен в 1996 году на основе действовавших в то время стандартов и имевшейся справочной информации по обеспечению качества. Поскольку обеспечение качества развивается, и подобные стандарты эволюционируют, рекомендации этого приложения следует рассматривать с учетом такого развития в части определений и практики обеспечения качества.

Область применения

IV.8. Программы обеспечения качества следует разрабатывать для проектирования, изготовления, испытания, документирования, применения, обслуживания и инспектирования радиоактивных материалов особого вида, радиоактивных материалов с низкой способностью к рассеянию и упаковок, а также для операций по перевозке и хранению в процессе перевозки, для оценки безопасности с целью обеспечения соблюдения необходимых положений Правил МАГАТЭ вне зависимости от того, требуется ли утверждение компетентного органа для конструкции или перевозки. Следует охватывать все виды деятельности, такие как очистка, сборка, испытание, ввод в эксплуатацию, инспектирование, обслуживание, ремонт, погрузка, перевозка, разгрузка, модификация и дезактивация.

IV.9. Принципы и цели применимы ко всем тем, кто несет ответственность за перевозку радиоактивных материалов, а также к иным организациям, участвующим в деятельности, влияющей на качество.

Ответственность

IV.10. Общая ответственность за разработку и применение программ обеспечения качества возлагается на грузоотправителя, перевозчика или лицензиата/заявителя на получение утверждения со стороны компетентного органа (по применимости). Некоторые обязанности могут делегироваться другим организациям или лицам в пределах ответственности вышеупомянутых сторон.

IV.11. Если согласно конкретной национальной практике явно определить одну ответственную сторону или организацию невозможно, то составные части и разделение работ по общей программе обеспечения качества и их взаимодействие должны быть ясно осмыслены, документированы и согласованы всеми сторонами, включая, если необходимо, компетентный орган.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Обеспечение качества – Базовые элементы

IV.12. Этот раздел знакомит с различными элементами программы обеспечения качества (ОК), перечисленными в табл. IV.1, которые должны обеспечить соблюдение применяемых норм и регулирующих требований. Следует подчеркнуть, что в зависимости от природы деятельности, осуществляемой ответственной организацией не все элементы, перечисленные в таблице, будут уместны в каждом случае. Однако, существуют определенные минимальные требования в отношении элементов ОК, которые должны рассматриваться в любой программе ОК в зависимости от типа организации ее транспортной деятельности, детали по этому вопросу даны в табл. I документа Серия изданий по безопасности № 113 [IV.3]. В некоторых государствах-членах МАГАТЭ программы обеспечения качества рассматриваются как системы обеспечения качества или системы качества.

IV.13. Разработка, внедрение и выполнение программы ОК является первичной ответственностью руководства (менеджмента) любой организации. Общую программу обеспечения качества следует разрабатывать так, чтобы она соответствовала требованиям этого приложения и охватывала различные аспекты безопасной перевозки радиоактивных материалов, например, упаковочные комплекты, упаковывание, обращение, хранение и обучение персонала. Программу следует делать согласно степени сложности упаковки, ее содержимому и компонентам или фактической транспортной операции. Степень опасности, связанная с содержимым, которое может перевозиться, вместе со ступенчатой системой мер (системой градации) обеспечения качества также должны влиять на разработку программы обеспечения качества. Дальнейшее руководство по «ступенчатому подходу» (градационный подход) дано в приложении к документу Серия изданий по безопасности № 113 [IV.3]. Следует идентифицировать элементы, действия и процессы, к которым относится программа обеспечения качества, и устанавливать для них соответствующие методы и уровни контроля и проверки согласно степени их важности для безопасности.

IV.14. Программа ОК должна не только предусматривать работы, направленные на то, чтобы безопасная перевозка радиоактивных материалов осуществлялась с гарантированным качеством, но и также, чтобы имели место необходимые управленческие меры по контролю и поддержанию программы.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

IV.15. Все программы должны гарантировать, что вся деятельность, влияющая на качество, осуществляется в соответствии с документированными мерами, инструкциями или чертежами сообразно обстоятельствам, и что имеются количественные и/или качественные критерии для определения того, что важные действия выполнятся удовлетворительно.

IV.16. Организации, осуществляющие составную часть общей деятельности, должны разрабатывать и документировать процедуры по выполнению программ обеспечения качества на плановой и систематической основе. Все разработанные меры (см. пункты IV.2–IV.15) следует надлежащим образом документировать и предпринять шаги по обеспечению того, что лица, выполняющие функцию обеспечения качества, имеют достаточное знание языка которым написана программа. Переводы документации на другие языки следует верифицировать по отношению к оригиналу силами компетентных специалистов.

IV.17. Программу обеспечения качества следует подвергать регулярным инспекциям со стороны администрации относительно деятельности, за которую она несет ответственность. Следует включать меры по

ТАБЛИЦА IV.1. БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОГРАММ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ РАССМАТРИВАТЬ И ПРИМЕНЯТЬ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Программа ОК
Организация
Контроль документов
Контроль за проектом
Контроль за поставками
Контроль материалов
Контроль процессов
Контроль инспекций и испытаний
Контроль несоответствия
Корректирующие действия
Записи
Обучение персонала
Обслуживание
Аудит

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

исправлению любых обнаруженных недостатков или внедрению рекомендованных модернизаций.

ПРОГРАММЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

Организация и структура программы обеспечения качества

IV.18. Программа обеспечения качества должна быть прописана в документе, описывающем структуру и общий состав программы качества. В документ следует включать или давать ссылку на необходимые процедуры и/или инструкции и описывать, как они взаимодействуют для образования общей программы качества. В программе следует охватывать всю деятельность компании, относящуюся к безопасной перевозке радиоактивных материалов и соблюдению Правил МАГАТЭ.

IV.19. В программу обеспечения качества должно быть включено заявление компании о политике в отношении качества, ясно отражающее приверженность высшего руководства компании делу достижения и постоянного повышения качества, и соблюдения применимых правил.

Документирование программы обеспечения качества

IV.20. Все составляющие части программы обеспечения качества, разрабатываемые и выполняемые компанией, следует систематически воспроизводить в виде соответствующих документов.

IV.21. Документацию программы обеспечения качества следует структурировать так, чтобы она соответствовала размеру и степени сложности компании, выполняемым работам, и была легко понимаема пользователями.

Анализ и оценка программы обеспечения качества

IV.22. Руководство компании должно принимать меры по периодическому анализу и оценке программы обеспечения качества. Анализ следует нацеливать на удостоверение того, что программа обеспечения качества продолжает быть эффективной и соответствующей деятельности компании, и что цели политики в отношении качества продолжают

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

достигаться. Результаты такого анализа следует документировать и предпринимать соответствующие действия со стороны руководства компании.

ОРГАНИЗАЦИЯ

Ответственность и полномочия

IV.23. Следует установить ясно определенную и документированную организационную структуру, с полной функциональной ответственностью, уровнями полномочий и линиями внутренних и внешних связей. Организационная структура и функциональные обязанности должны предусматривать, что ответственность за применение программы обеспечения качества несет руководство (менеджмент) компании, связанное с выполнением работ, а также с проверкой эффективности соответствующего процесса управления. Это является обязанностью всех, а не является сферой интересов отдельной группы. Организационная структура и распределение функций должны быть такими, чтобы:

(a) Достижение целей в области качества осуществлялось теми, на кого возложена ответственность за выполнение работы; это может включать обследование, проверки и инспектирование работы лицами, выполняющими работу; и
(b) При необходимости проверки соблюдения установленных требований эта проверка выполнялась теми, кто не несет непосредственной ответственности за выполнение данной работы.

IV.24. Лицам и организациям, обеспечивающим разработку и эффективное выполнение программы обеспечения качества, следует предоставлять достаточные полномочия и организационную свободу для того, чтобы выявлять проблемы в области качества, изучать всю необходимую информацию и инициировать, рекомендовать или принимать решения. Таким лицам или организациям следует также предоставлять полномочия для инициирования действий по контролю дальнейшего производства, поставок, установки или использования элемента, блока, процесса или части программы обеспечения качества, которые не соответствуют требованиям, имеют дефекты или являются неудовлетворительными, до тех пор, пока не будет достигнуто должное соответствие. Эти лица должны быть достаточно независимы в отношении затрат и графиков работ.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Анализ контрактов

IV.25. Следует установить документированные процедуры для обеспечения того, что контракты, заказы или тендеры размещались между теми участвующими в перевозке организациями, которые проверены на соответствие и надежность; любые последующие изменения следует оценивать аналогичным образом и доводить до соответствующих частей заинтересованных организаций.

Организаciооное взаимодействие

IV.26. Программа обеспечения качества и соответствующие процедуры должны предусматривать документированное определение и контроль взаимодействия, внутреннего и внешнего, где бы оно не имело место.

IV.27. Если к выполнению транспортной операции привлечено несколько организаций, следует ясно устанавливать ответственность каждой из них и обеспечивать взаимодействие и координацию между ними путем реализации соответствующих мер с возможностью регулярного анализа и корректировки, когда это необходимо.

КОНТРОЛЬ ДОКУМЕНТОВ

Подготовка, анализ и утверждение документов

IV.28. Следует контролировать подготовку, анализ, утверждение и издание документов, важных для выполнения и проверки работ, таких как инструкции, процедуры и чертежи (они могут храниться как бумажные копии или на иных носителях, таких как компьютерные диски или микрофильмы), касающиеся всех видов деятельности, влияющих на качество: проектирование, изготовление, использование упаковочных комплектов и т.д., а также транспортные операции. В инструкции, процедуры и чертежи следует включать соответствующие количественные и качественные критерии приемлемости для определения того, что важные виды деятельности были выполнены удовлетворительным образом. Документы следует подвергать независимому (от их разработчиков) анализу, чтобы убедится, что они соответствуют требованиям компании в отношении технических аспектов и качества, и утверждать их перед выпуском. Следует ясно определить и наделить необходимыми полномочиями лица и организации, ответственные за анализ и утверждение документов.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Выпуск и распространение документов

IV.29. Следует принять меры к тому, чтобы участники деятельности были осведомлены о соответствующих новейших документах и использовали их для выполнения своих действий.

IV.30. Следует создать систему выпуска и распространения документов, чтобы сделать документы легко доступными, путем использования списков рассылки или иных методов, соответствующих степени сложности компании и ее деятельности.

Контроль за изменениями в документах

IV.31. Изменения в документах должны идентифицироваться и регистрироваться, и должны быть предметом анализа и утверждения, в соответствии с документированными процедурами, со стороны лиц, выполнявших анализ и утверждение исходного документа, или иными назначенными лицами или организациями, имеющими доступ к необходимой информации. Следует немедленно и своевременно распространять пересмотренные документы и информировать об их статусе. Следует предпринимать усилия для того, чтобы устаревшие документы были уничтожены или четко обозначены как таковые, чтобы исключить их дальнейшее использование. При необходимости следует создать архив исходных документов, чтобы сохранить историю их разработки и обеспечить возможность слежения за их модификацией; эти документы следует пометить, как устаревшие, чтобы предотвратить дальнейшее использование.

КОНТРОЛЬ ЗА ПРОЕКТОМ

Общие положения

IV.32. Следует разрабатывать и документировать меры контроля за проектом (проектированием) для обеспечения того, чтобы все проектные требования были выявлены, определены и реализованы в окончательном проекте.

IV.33. Если в процесс проектирования вовлечено более одной организации или функции, следует определять и документировать соответствующее взаимодействие и ответственность для обеспечения необходимого контроля за проектом (см. также пункт IV.25).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Планирование проекта

IV.34. Организации, ответственной за процесс проектирования, следует разрабатывать и периодически анализировать соответствующие планы проводимой деятельности по проектированию, определяя ответственность, персонал и необходимые ресурсы.

Входные проектные данные

IV.35. Входные проектные данные , такие как регулирующие требования, требования по качеству, основы проекта, коды, нормы, спецификации, чертежи, результаты рассмотрения контрактов и т.п., следует определять, документировать и периодически анализировать, чтобы добиться их достаточности для конечной конструкции. В них следует включать, по мере необходимости, количественные и качественные критерии приемлемости.

IV.36. Следует также принимать меры по отбору и изучению пригодности материалов, деталей, оборудования и процессов, важных для работоспособности упаковок, узлов, систем или компонентов, относительно условий их работы.

Выходные проектные данные

IV.37. Выходные проектные данные конструкции, как окончательный продукт процесса проектирования, должны быть занесены в документы, чтобы продемонстрировать соответствие проекта согласованным входным проектным требованиям и установленным критериям приемлемости. Они должны быть подвергнуты анализу и одобрению (утверждению) со стороны определенного уровня руководства компании или организации, ответственной за проект. Документация по выходным проектным данным может включать чертежи, спецификации, инструкции по эксплуатации и обслуживанию, и т.п. и может быть в виде бумажных копий, электронных данных или ином приемлемом виде. Другие стороны, такие как конечный пользователь, заказчик, изготовитель или регулирующий орган, могут высказывать замечания по выходным проектным данным и влиять на их окончательное утверждение.

Верификация и валидация проекта

IV.38. Следует разрабатывать и документировать меры контроля для верификации адекватности проекта путем проведения его анализа.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Анализы проекта и верификация могут сопровождаться и основываться на использовании альтернативных методов расчета или выполнении соответствующей программы испытаний согласно требований Правил МАГАТЭ, по применимости.

IV.39. В процесс верификации и анализа проекта следует вовлекать все функциональные подразделения или персонал, имеющий отношение к качеству окончательного проекта или рассматриваемой стадии проектирования.

IV.40. Деятельность по валидации проекта должна осуществляться как необходимая для подтверждения того, что конечный продукт, упаковочный комплект или услуга соответствуют требованиям конечного пользователя. Это можно делать путем проведения пусковых испытаний, пробной эксплуатации или сходными методами.

IV.41. Результаты всей деятельности по проектированию следует соответствующим образом регистрировать для демонстрации результатов контроля в ходе процесса проектирования и подтверждения того, что окончательный проект удовлетворяет всем требованиям.

Изменение проекта

IV.42. Следует устанавливать процедуру для эффективного осуществления изменений проекта, включая изменения или модификации в процессе эксплуатации, путем, совместимым с мерами контроля исходного проекта. Изменения проекта следует согласовывать с теми же организациями/должностями, что и первоначальный проект или с технически квалифицированными заместителями. Следует тщательно рассматривать всестороннее влияние изменений и регистрировать потребности, обоснования и требуемые действия. Письменную информацию об изменениях следует систематически и своевременно рассылать всем заинтересованным лицам и организациям.

КОНТРОЛЬ ЗА ПОСТАВКАМИ

Общие положения

IV.43. Меры контроля за поставками следует документировать и обеспечивать, чтобы поставляемые изделия и услуги удовлетворяли определенным требованиям и критериям работоспособности.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

IV.44. Изделия и услуги могут иметь различный уровень качества в зависимости от важности и влияния на безопасность. При поставках таких изделий и услуг может использоваться ступенчатый подход к качеству, как описано в документе Серии по безопасности № 113 [IV.3].

Оценка и выбор поставщика

IV.45. С помощью процедур оценки поставщиков, как части процесса поставки, следует обеспечить, чтобы отбирались и использовались только достаточно квалифицированные поставщики. Отбор поставщиков следует выполнять на основе оценки и документации их способности поставлять изделия или услуги в соответствии с требованиями документов по поставке, при этом следует принимать во внимание тип продукта и его влияние на качество конечного продукта или услуги. Следует вести соответствующую регистрацию оценки и отбора поставщиков.

Данные по закупкам

IV.46. В документацию по закупкам следует включать данные, четко описывающие затребованный продукт или услугу; такие документы следует подвергать анализу и утверждению перед их выпуском. Эти данные могут включать ссылки на соответствующие регулирующие требования, нормы или правила, чертежи, спецификации, требования к качеству и иные требования, по необходимости.

Верификация закупок

IV.47. Следует предусматривать меры по верификации закупок, обеспечивающие согласие между поставщиком и покупателем в отношении методов, используемых для подтверждения удовлетворения всех требований по закупке. Если верификация закупаемых продуктов будет выполняться на территории субподрядчика, в закупочных документах следует четко определять мероприятия по верификации. Поставщику, компетентному органу (если необходимо), или их представителям следует обеспечивать доступ к промышленным предприятиям, изделиям, материалам и регистрационным документам для проведения инспекции и аудита и направлять соответствующие регистрационные документы по запросу для анализа и утверждения. Эти регистрационные документы следует сохранять в течение необходимого времени.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

IV.48. Верификация того, что приобретаемый продукт соответствует требованиям, является первичной ответственностью поставщика. При покупке упаковочного комплекта, покупатель должен получать соответствующее документированное подтверждение того, что упаковочный комплекта спроектирован, изготовлен и испытан так, что удовлетворяет установленным требованиям, и что на всех стадиях применялись соответствующие национальные или международные стандарты обеспечения качества. Если заказчик, конечный пользователь или компетентный орган осуществляют верификацию продукта на территории субподрядчика или поставщика, результаты этой верификации не должны заменять обязанности поставщика по эффективному контролю.

Материалы, поставляемые покупателем

IV.49. Следует установить документированную процедуру для обеспечения того, что любой материал или оборудование, поставляемые покупателям для использования в конечном продукте или услуге, должным образом защищены и контролируются поставщиком.

КОНТРОЛЬ МАТЕРИАЛОВ

IV.50. Следует разрабатывать и документировать меры по идентификации и контролю упаковочных комплектов, содержимому упаковок, соответствующего транспортного оборудования, материалов и компонентов; этими мерами следует охватывать все соответствующие фазы перевозки, включая полный производственный процесс, обращение, перемещение, погрузку, маркировку и отправку, перевозку, получение, техническое обслуживание и текущий ремонт, складирование и т.д.

IV.51. Похожие меры следует предусматривать для отслеживания груза в процессе транспортного цикла, а также для предотвращения его повреждения, порчи, потери или использования материалов с просроченными сроками службы. Следует вести записи по идентификации и отслеживанию перемещения групп или, если необходимо, отдельных единиц.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ

Общие положения

IV.52. Все процессы в ходе проектирования, изготовления, использования или обслуживания следует подвергать документированной процедуре контроля. Контроль следует разрабатывать там, где отсутствие подобной процедуры может отрицательно повлиять на качество или где требуемое качество не может быть проверено последующим после завершения процесса исследованием. В этих процедурах контроля следует определять или давать ссылки в отношении обучения и квалификации персонала. Если процессы верифицируются статистической выборкой или аналогичным методом, применять этот метод следует в соответствии с документированными процедурами.

Контроль процессов – перевозка

IV.53. Контроль транспортных операций, как процесса, следует выполнять по документированной процедуре или планам качества. Этими процедурами следует охватывать, по необходимости, идентификацию и контроль содержимого, упаковывание, обращение, нанесение этикеток, отправку, перевозку, получение, очистку, складирование, обслуживание и текущий ремонт и т.п., а также любой специальный контроль процессов, включая контроль в отношении утечки и уровней излучения и загрязнения относительно материала упаковки. Этими мерами следует также определять необходимое взаимодействие и его контроль, предотвращать повреждение, порчу или утерю содержимого и обеспечивать подтверждение соблюдения соответствующих правил для упаковок или партий груза.

IV.54. Пример плана качества для контроля транспортных операций можно найти в документе Серии по безопасности № 113 [IV.3].

Специальные процессы

IV.55. Процессы, влияющие на качество конечного продукта или услуги, когда требуемое качество не может быть верифицировано только пост-процессным обследованием, и для которых необходима предварительная квалификация процесса, например, сварка или термическая обработка, следует контролировать в соответствии с документированными процедурами. В таких процедурах следует ссылаться на соответствующие

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

коды, нормы, спецификации или специализированные требования. Где указано, следует предпринимать меры гарантирующие осуществление этих процессов квалифицированным персоналом, в соответствии с квалифицированными процедурами и с использованием квалифицированного оборудования.

КОНТРОЛЬ ИНСПЕКЦИЙ И ИСПЫТАНИЙ

Общие положения

IV.56. Следует предусматривать документированные процедуры для инспекций в процессе, по его окончании и в ходе эксплуатации, проводимые на всех фазах испытания, производства, перевозки и технического обслуживания на предмет соответствия установленным требованиям. В этих процедурах следует предусматривать меры по обеспечению калибровки, настройки и обслуживанию используемого измерительного и испытательного оборудования в необходимых интервалах.

IV.57. Состояние упаковочных комплектов и их частей в ходе испытаний и инспекций следует идентифицировать, используя маркировки, печати, бирки, ярлыки, маршрутные карты, инспекционные записи, заглушки безопасности или иные средства, подходящие для обозначения пригодности или несоответствия изделий. Идентификацию состояния в ходе испытаний и инспекций следует проводить, по мере необходимости, на этапах изготовления, использования, обслуживания и текущего ремонта изделия, чтобы гарантировать, что используются только изделия, удовлетворяющие установленным требованиям.

Программа инспекции

IV.58. Следует планировать и проводить приемочные инспекции, инспекции в процессе и завершающие инспекции, чтобы проверить соответствие требованиям, определенным в правилах, нормах, проектных и технологических документах, процедурах перевозки, обслуживания, текущего ремонта и эксплуатации, инструкциях, соответствующих планах качества и т.д. Важные критерии, которые должны включаться в состав мероприятий для таких инспекций, можно найти в документе Серия по безопасности № 113 [IV.3].

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Программа испытаний

IV.59. Все испытания, необходимые для демонстрации того, что упаковка и ее компоненты будут удовлетворительно работать при длительной эксплуатации, следует выполнять в соответствии с документированными процедурами. Такие испытания могут включать испытания прототипов, квалификационные и лицензионные испытания, испытания в процессе производства, обслуживания и текущего ремонта и т.д. Эти процедуры, включающие требования и критерии приемлемости, указанные в проектной документации, следует выполнять силами обученного персонала, использующего должным образом калиброванные приборы и оборудование. Все результаты испытаний следует регистрировать и оценивать для подтверждения того, что определенные требования выполнены.

Калибровка и контроль измерительного и испытательного оборудования

IV.60. С помощью документированных мер следует обеспечивать, что инструменты, датчики, измерительные приборы, программное обеспечение испытаний и иное оборудование для инспекций, измерений и испытаний, а также другие приборы, используемые при определении соответствия критериям приемлемости, имеют соответствующие диапазон, тип, погрешности и точность. Они должны соответствующим образом обслуживаться и храниться, контролироваться, калиброваться и настраиваться с указанной периодичностью для поддержания их надежности. Следует вести регистрацию калибровки, позволяющую прослеживать качество измерений и соответствие, если необходимо, национальным и международным стандартам. Если обнаруживаются отклонения за предписанные пределы, следует выполнять оценку достоверности предыдущих измерений и испытаний, и пригодность испытанных изделий должна быть переоценена.

КОНТРОЛЬ НЕСООТВЕТСТВИЯ

IV.61. С помощью документированных мер следует выявлять элементы, такие как упаковочные комплекты, содержимое упаковок, обслуживание и процессы, не удовлетворяющие требованиям, чтобы предотвратить их случайное использование до или во время перевозки. Этими мерами следует также обеспечивать, что несоответствующие изделия будут

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

идентифицированы маркировкой, ярлыками и/или, по возможности, физическим разделением для контроля дальнейшей обработки, доставки или сборки. Такие изделия следует анализировать и изымать, модифицировать, ремонтировать, перерабатывать или принимать без модификации. Ответственность за анализ и принятие решений по изъятию или продолжению использования несоответствующих изделий должна быть определена.

КОРРЕКТИРУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ

IV.62. Следует устанавливать документированные процедуры для корректирующих и превентивных мер, гарантирующих, что условия, неблагоприятные для качества, такие как отказы, неисправная работа, недостатки, отклонения, дефектные или несоответствующие материалы и оборудование, и любые иные несоответствия быстро выявляются, корректируются и исключаются из применения. В таких процедурах следует предусматривать:

— исследование и выявление коренных причин несоответствия и корректирующих действий, необходимых для исключения их повторного появления;
— обработку рекламаций заказчика, надзорного органа и др. и соответствующий отклик или корректирующее действие;
— элементы контроля для обеспечения, того, что корректирующие действия быстро предприняты и эффективны;
— определение потенциальных потерь качества и необходимых превентивных действий.

IV.63. Отчеты о корректирующих и превентивных действиях следует документировать и представлять руководству соответствующего уровня, для поддержки анализа управления и для обеспечения административной экспертизы и повышения качества.

ЗАПИСИ

IV.64. Следует устанавливать документированную процедуру идентификации, сбора, индексации, занесения в архивы, хранения, обслуживания, исправления и уничтожения документации и записей, относящихся к качеству. В записях следует демонстрировать, что продукт или услуга

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

соответствовала установленным требованиям, и что программа обеспечения качества работает эффективно. Такие записи следует сохранять в течение определенного периода времени, обеспечивать их легкий поиск и хорошие условия хранения. Они могут быть в виде бумажной копии, электронных данных или другом приемлемом виде.

IV.65. Следует организовывать и поддерживать записи по упаковочным комплектам с радиоактивными материалами, чтобы регистрировать полный жизненный цикл таких упаковок, включая их изготовление, эксплуатацию и обслуживание/текущий ремонт.

IV.66. Дальнейшее руководство и примеры того, что может входить в общие или относящиеся к упаковке записи по качеству, можно найти в документе Серия по безопасности № 113 [IV.3].

ПЕРСОНАЛ И ОБУЧЕНИЕ

IV.67. Весь персонал, ответственный за выполнение действий, влияющих на качество, должен быть надлежащим образом обучен и квалифицирован в части выполнения назначенных заданий.

IV.68. Следует предусматривать документированные процедуры для выявления необходимости обучения и программ обучения, включая, при необходимости, квалификационное обучение специалистов; следует поддерживать записи об обучении.

ОБСЛУЖИВАНИЕ

IV.69. Следует разработать документированные меры для контроля всех действий по обслуживанию и текущему ремонту упаковочных комплектов, транспортного оборудования и иных элементов, чтобы обеспечить постоянное соответствие установленным требованиям. Графики обслуживания и текущего ремонта следует основывать на данных по конструкции и опыте, и, кроме того, учитывать нормальные или тяжелые условия работы. Следует разрабатывать меры по определению установленных требований, подтверждению того, что они выполнены и по ведению соответствующих записей.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

АУДИТ

IV.70. Документированные процедуры должны обеспечивать, чтобы на регулярной основе проводился внутренний аудит для проверки соответствия в отношении соответствия всех аспектов программы обеспечения качества и для подтверждения сохранения ее эффективности. Аналогично, при выполнении внешних аудитов для верификации качества у поставщиков, эти аудиты следует планировать и выполнять в соответствии с письменно установленными процедурами. Аудиты следует выполнять силами квалифицированного персонала, подобранного так, чтобы он был независим от деятельности, подверженной аудиту.

IV.71. Документированные результаты аудита следует предоставлять на рассмотрение управленческого персонала, ответственного за проверяемую деятельность. Соответствующее руководство компании должно предпринимать своевременные действия по совершенствованию или корректировке в ответ на выводы аудита. Следует выполнять верификацию и записи эффективных применяемых корректирующих действий.

IV.72. Дальнейшие руководства по различными аспектам аудита, таким как: элементы программы аудита, графики аудита, отбор группы аудиторов, предварительное и заключительное совещание, отчетность и отклик, а также последующие действия, можно найти в документе Серия по безопасности № 113 [IV.3].

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИИ IV

IV.73. В Приложении IV используются следующие термины, определенные в Правилах:

Перевозчик – см. пункт 206 Правил.
Компетентный орган – см. пункт 207 Правил.
Обеспечение соблюдения – см. пункт 208 Правил.
Грузоотправитель – см. пункт 212 Правил.
Конструкция – см. пункт 220 Правил.
Обеспечение качества – см. пункт 232 Правил.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

IV.74. В приложении IV используются следующие термины из документа Серия по безопасности № 113 [IV.3]*: заявитель, оценка, аудит, контролируемый документ, корректирующее действие, входные проектные данные, выходные проектные данные, освидетельствование, инспекция. Изделие, текущий ремонт/обслуживание, измерительное и испытательное оборудование, несоответствие, объективное свидетельство, процедура, закупочный документ, квалификация, качество, элементы качества, программа обеспечения качества, план качества, ремонт, обслуживание, спецификация, поставщик, отслеживаемость, пользователь, верификация.

IV.75. Следующие определения предназначены для пояснения интерпретации терминов, использованных только в Приложении IV:

Сертификация — Акт определения, верификации и аттестации в письменной форме в отношении квалификации персонала, процессов, процедур, или изделий в соответствии с установленными требованиями.

Документация — Письменная или графическая информация, содержащая описания, определения, спецификации, отчетных или сертифицирующих действий, требований, процедур или результатов, относящихся к обеспечению качества.

Журнал записей — Документ, содержащий справки по истории и состоянию упаковочных комплектов.

Квалифицированное лицо — Лицо, которое, имея соответствие определенным требованиям и удовлетворяющее определенным условиям, было официально назначено выполнять определенные обязанности и нести ответственность.

Записи — Документы, содержащие объективное свидетельство по качеству изделий или услуг, а также о действиях, влияющих на качество, с

---

* Документ Серия по безопасности № 113 издан МАГАТЭ только на английском языке. Устоявшейся терминологии по качеству на русском языке в рамках документов МАГАТЭ также не достигнуто. Поэтому в переводе данного Справочного материала для Приложения IV в основном используются русскоязычные термины по качеству из других документов МАГАТЭ. (Примечание редактора русского перевода).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

помощью которых можно определить удовлетворяются ли установленные требования.

Ответственная организация — Организация/сторона/лицо, несущее общую ответственность за один или более видов деятельности по перевозке (например, утверждение, изготовление, перевозка, хранение в пути).

Транспорт — Все операции и условия, связанные с или вовлеченные в перемещение радиоактивных материалов; сюда входят проектирование, изготовление, обслуживание и ремонт упаковочных комплектов, а также подготовка, отправка, погрузка, перевозка, включая хранение в пути, выгрузка и получение в пункте назначения груза радиоактивных материалов и упаковок.

ЛИТЕРАТУРА К ПРИЛОЖЕНИЮ IV

[IV.1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and other Nuclear Installations, Safety Series No. 50-C/SG-Q, IAEA, Vienna (1996).

[IV.2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Quality Systems — Model for Quality Assurance in Design Development, Production, Installation and Servicing, ISO 9001-1994(E), ISO, Geneva (1994).

[IV.3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quality Assurance for the Safe Transport of Radioactive Material, Safety Series No. 113, IAEA, Vienna (1994).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Приложение V

УКЛАДКА И КРЕПЛЕНИЕ УПАКОВОК ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ

ВВЕДЕНИЕ

V.1. Для безопасной перевозки радиоактивных упаковок такие упаковки следует удерживать от перемещения внутри или на поверхности перевозочного средства во время транспортных операций, как требуется Правилами МАГАТЭ. Подробные требования соответствующих пунктов Правил, применяются следующим образом:

— пункт 564: надежная укладка груза – это можно обеспечить различными системами удержания (см. ниже);
— пункт 606: каждая упаковка должна конструироваться с уделением надлежащего внимания системе ее крепления, подходящей для каждого вида предполагаемого транспорта;
— пункт 612: компоненты упаковки и системы ее крепления должны конструироваться так, чтобы их целостность не нарушалась в ходе обычных операций по перевозке;
— пункт 636: целостность упаковок (от IP-3 до типа C) не должна нарушаться усилиями от швартовочных тросов или иных систем крепления, прикладываемыми к упаковке или точкам ее крепления, как в нормальных, так и в аварийных условиях перевозки.

V.2. Некоторые аспекты, относящиеся к этим пунктам Правил, представлены в соответствующих пунктах рекомендаций в основном тексте данной публикации, а дополнительные детали содержатся в этом приложении и в документах [V.1–V.27]. Системы крепления упаковок должны конструироваться так, чтобы выдерживать только обычные условия перевозки. Поэтому в нормальных или аварийных условиях перевозки допускается, и это может быть заложено в конструкции, отделение упаковки от транспортного средства за счет разрушения или конструктивного разъединения ее креплений с целью сохранения целостности упаковки. Инерционные силы, действующие на упаковку, могут возникать из-за неровностей дороги или трассы, вибраций, линейного ускорения или торможения, изменения направления, заносов на дороге при ненастной погоде, не приводящих к столкновению, железнодорожных стрелок, неспокойного моря, зон турбулентности и жестких приземлений на воздушном транспорте.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТИПЫ СИСТЕМ КРЕПЛЕНИЯ

V.3. Часто способ крепления предполагает использование стяжек, но существует набор приемлемых способов удержания, которые могут применяться, как показано ниже:

- натянутые стяжки или ремни (стропы, веревки, цепи и т.п.) связывающие точки крепления на упаковке и местоположения анкеров на перевозочном средстве;
- натянутые стяжки, сети или ремни, перекинутые через верх упаковки и прикрепленные только к транспортному средству (т.е. нет точек крепления на упаковке);
- цапфы на упаковке, крепящиеся к опорам находящимся на транспортной раме либо образующей части перевозочного средства;
- фланцы на опоре или основании, являющиеся неотъемлемой частью упаковки и прикрепляемые болтами к транспортной раме или прямо к перевозочному средству;
- поворотные замки по стандарту ISO нормальной или повышенной прочности;
- башмаки, прикрепленные к перевозочному средству, либо стеллаж, прикрепленный к перевозочному средству, либо углубление (например, колодец), выполненное в перевозочном средстве, посредством которого упаковка удерживается за счет собственного веса.

V.4. Если требуется, некоторые из этих способов крепления могут комбинироваться таким же образом, как рекомендуется, чтобы упаковки были одновременно и подперты и привязаны. Способы крепления следует выбирать так, чтобы они не вызывали повреждений упаковок и даже не создавали в упаковке и системе ее крепления напряжений, превышающих предел текучести, в обычных условиях перевозки. Требование о том, что целостность упаковки не должна нарушаться из-за превышения нагрузок в нормальных или аварийных условиях перевозки, может быть удовлетворено конструктором путем использования соединений заданной ограниченной прочности в точках крепления упаковки либо в стяжках, предназначенных для удержания.

V.5. Часто большие и тяжелые упаковки крепятся к перевозочному средству специализированным способом. Легкие и маленькие упаковки обычно перевозятся в закрытых транспортных средствах и блокируются, расчаливаются, раскрепляются с помощью стяжек или крепятся иным способом для перевозки. Специализированное оборудование для

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

крепления упаковок следует определять и специфицировать при их конструировании, а для использования упаковки и системы ее крепления следует составлять эксплуатационные и рабочие инструкции. При отсутствии такого специализированного оборудования грузоотправитель и перевозчик отвечают за обеспечение того, что перемещение упаковки производится в соответствии с нормативными и транспортными требованиями на соответствующем виде транспорта, например, с использованием стяжек или грузовых сетей общего назначения.

— Натянутые стяжки являются широко используемым способом крепления упаковок, и следует отметить следующие практические аспекты их применения:
— Башмаки, прикрепленные к перевозочному средству и упирающиеся в основание упаковки для ограничения ее горизонтального перемещения, сильно уменьшают нагрузки на натянутые стяжки, а также улучшают мгновенные динамические нагрузки, давая, тем самым, стяжкам критическое дополнительное время, чтобы растягиваться равномерно, а не резким рывком.
— Угол, образуемый элементами стяжки и перевозочным средством при взгляде сбоку и сверху, следует делать близким к 45°, чтобы эффективно противостоять усилиям во всех трех направлениях (продольном, поперечном и вертикальном). Если упаковка велика по отношению к размерам перевозочного средства, стяжки могут пересекаться для достижения номинальных углов крепления 45°. Следует предотвращать трение швартовочных тросов друг о друга или о части упаковки или транспортного средства. Для несимметричной упаковки углы натяжения стяжек следует изменять, принимая во внимание геометрические параметры упаковки.
— Стяжки следует крепить в натянутом положении для избежания их ослабления в пути и проверять и обслуживать в процессе перевозки. Возможное ослабление в результате вибрации следует исключать путем использования виброустойчивых соединений.
— Анкеры (и башмаки) следует крепить непосредственно к раме транспортного средства, а не к платформе, если платформа не способна противостоять конструкционным нагрузкам.

РАССМОТРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕГРУЗОК УПАКОВКИ

V.6. Из-за различий в транспортных инфраструктурах и практики в мире необходимо обращаться к национальным компетентным органам и

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

национальным и международным транспортным отраслевым нормам и правилам, чтобы подтвердить обязательные или рекомендованные коэффициенты перегрузок упаковки вместе со специальными условиями перевозки, которые следует использовать при конструировании упаковок и систем их крепления. Эти коэффициенты перегрузок представляют инерционное воздействие упаковки и прикладываются в центре массы упаковки как эквивалентные статические силы, для противостояния которым следует конструировать систему крепления. Поскольку многие упаковки предназначены для использования более чем в одной стране и более чем для одного вида транспорта, следует применять самые большие коэффициенты перегрузок из тех, которые приняты в соответствующих странах и для используемых видов транспорта.

V.7. При конструировании и анализе упаковок и систем их крепления необходимо использовать коэффициенты перегрузок. В табл. V.1 даны значения коэффициентов перегрузок, которые могли бы использоваться при конструировании упаковок и систем их крепления для обычных условий перевозки. Значения, приведенные для каждого вида транспорта, могут соответствовать большей части национальных и международных правил. На проектировщика и пользователя упаковки возлагается обеспечение того, чтобы система крепления упаковки была сконструирована в соответствии со значениями этих величин, определенных соответствующими компетентными органами и транспортными организациями на отдельных видах транспорта.

V.8. В дополнение к учету этих квазистатических сил проектировщик упаковки должен также учитывать влияние колебательных нагрузок, способных привести к усталостному разрушению компонентов упаковки и системы ее крепления. Вдобавок, следует учитывать то, что упаковки и системы их крепления должны противостоять износу, коррозии и т.п. в течение предполагаемого срока службы. Все конструкционные критерии, включая пределы прочности и усталостных напряжений, используемые при конструировании упаковки и системы ее крепления, следует согласовывать с соответствующим компетентным органом. В частности, перегрузки, определенные для обычных условий перевозки, не должны приводить к появлению текучести материала в каком-либо компоненте упаковки или системы его крепления, иначе при его повторном использовании в перевозках повреждение может увеличиться и вызвать преждевременный отказ.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА V.1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕГРУЗОК ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ КРЕПЛЕНИЯ УПАКОВОК

	Коэффициенты перегрузки		
Вид транспорта	Продольный	Поперечный	Вертикальный
Авто	2g	1g	2g вверх, 3g вниз
Железнодорожный	5g	2g	2g вверх, 2g вниз
Морской/речной	2g	2g	2g вверх, 2g вниз
Воздушный[a]	1.5g (9g вперед)	1.5g	2g вверх, 6g вниз

[a] Коэффициент вертикальной перегрузки для воздушных перевозок зависит от ускорения при изменении угла тангажа самолета данного типа в условиях максимального порыва ветра и положения груза по отношению к центру тяжести самолета. Приведенные значения максимальны для большинства современных самолетов. Продольное ускорение 9g по направлению вперед необходимо только, если отсутствует укрепленная переборка между грузовым отсеком и экипажем самолета.

V.9. Силы, прилагаемые к упаковке, можно определить умножив коэффициенты перегрузок на массу упаковки. Для вертикальных перегрузок коэффициент не учитывает гравитацию.

V.10. Следует заметить также, что для некоторых отдельных упаковок уже имеются соглашения со многими компетентными органами и транспортными организациями о том, что могут использоваться отличающиеся коэффициенты перегрузок. В табл. V.2 приведено ограниченное количество таких упаковок, остальные примеры можно найти в документах [V.1–V.27], см., в частности документы [V.10–V.12]. Значения перегрузок, в табл. V.2 представлены так же, как и в соответствующих справочных документах, и могут не являться абсолютными перегрузками. Для пояснений следует обращаться к исходным документам. На конструктора и пользователя упаковки возложена обязанность связываться с компетентным органом за пределами этих соглашений, чтобы подтвердить, что эти коэффициенты будут приемлемы для предполагаемых транспортных операций.

ДЕМОНСТРАЦИЯ СООТВЕТСТВИЯ ПУТЕМ ИСПЫТАНИЙ

V.11. Может быть желательным продемонстрировать путем испытаний, что упаковка и система ее крепления соответствуют требованиям по

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ТАБЛИЦА V.2. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕГРУЗОК ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ КРЕПЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ УПАКОВОК

Тип упаковки	Вид транспорта	Коэффициенты перегрузок		
		Продольный	Поперечный	Вертикальный
Сертифицированные упаковки для делящихся материалов и типа B в США [V.7]	Все	10g	5g	2g
Упаковки с радиоактивными материалами в Европе по железной дороге (UIC) [V.8]	Ж/д	4g (1g[a])	0.5g[a]	1g ± 0.3g[a]
Перевозка облученного ядерного топлива, плутония и высокоактивных отходов на судах [V.9]	Морской	1.5g	1.5g	1g вверх , 2g вниз
Перевозка радиоактивных материалов на баржах в пределах страны [V.6]	Морской/речной	1.5g	1.6g	2g
Упаковка с гексафторидом урана [V.1]	Авто и ж/д	2g	1g	± 1g
	Морской	2g	1g	± 2g
	Воздушный	3g	1.5g	± 3g

[a] Меньшие коэффициенты перегрузок допустимы, если совершаются специальные перемещения в специализированных железнодорожных вагонах. Большие коэффициенты ускорения требуются, если вероятны подъемы рывком за точки крепления либо железнодорожные вагоны должны перевозиться на трейлерных паромах [V.8].

коэффициентам перегрузок. Если для оценки поведения системы крепления используются датчики ускорения, то при определении эквивалентных квазистатических нагрузок следует учитывать верхнюю граничную частоту. Верхнюю граничную частоту следует выбирать соответственно массе, форме и размерам рассматриваемых упаковок и перевозочного средства. Опыт показывает, что для упаковок массой 100 т, граничная частота должна быть порядка 10–20 Гц [V.8]. Для меньших

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

упаковок массой m т, граничную частоту следует подбирать путем умножения на коэффициент $(100/m)^{1/3}$.

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ КРЕПЛЕНИЯ И ИХ ОЦЕНКИ

V.12. Множество конструкций используется для крепления упаковок в или на транспортном средстве, две из них проиллюстрированы здесь:

(1) использование стяжек с башмаками,
(2) жесткое основание/фланец, крепящийся болтами к транспортному средству.

V.13. Они основаны на рассчитанных примерах, данных в различных ссылочных документах в конце приложения, см., в частности, документы [V.3, V.11, V.17]. Трение между упаковкой и платформой перевозочного средства учитываться не должно, и может рассматриваться только как выигрыш, дающий дополнительный, но не рассчитываемый количественно запас по безопасности.

V.14. Точные расчеты нагрузок, возникающих от и внутри систем крепления и обусловленных перегрузками, которые, как предполагается, действуют одновременно в разных направлениях, аналитически сложны, их анализ еще более усложняется в случае избыточных систем крепления. Тем не менее, от конструктора требуется количественно определить нагрузки, передаваемые от системы крепления к упаковке и транспортному средству (за счет реакции). Такое количественное определение необходимо в различных расчетах:

(i) для определения максимальных усилий крепления упаковки;
(ii) для обеспечения того, что, при определенных условиях перегрузок, система крепления должным образом определена, и фиксация упаковки должным образом обеспечена;
(iii) для определения максимальных усилий на анкера на перевозочном средстве;
(iv) для демонстрации соответствующему компетентному органу, что целостность упаковки обеспечивается в соответствии с требованиями документа Серия норм безопасности № ST-1;
(v) для обеспечения должных спецификаций в инструкциях по укладке (для перевозчика);

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(vi) для четкого определения критериев, обеспечивающих соответствие компонентов и оснастки системы крепления приведенным выше соображениям.

V.15. Чтобы показать уровень рассуждений, требуемых даже для простой статически определенной системы крепления, приведены два следующих примера с упрощающими предположениями.

Система натянутых стяжек с башмаками

V.16. Рассмотрим жесткую упаковку, закрепленную с помощью четырех симметрично расположенных натянутых стяжек. Упрощенный метод необходим, чтобы рассчитать верхний предел сил, действующих в стяжках и, следовательно, реактивных сил, воздействующих в местах креплений на упаковке и перевозочном средстве. Этот метод применим только к статически определенным системам; для получения верхнего предела сил, относительно поведения системы сделаны простые итеративные предположения.

V.17. Кубическая упаковка массы M изображена на рис. V.1. Все размеры, X, Y, и Z, равны, и центр тяжести находится в точке X/2, Y/2, Z/2. Углы φ равны и находятся в вертикальных плоскостях стяжек. Аналогично равны углы a в горизонтальной плоскости. Упаковка закреплена симметрично четырьмя стяжками 1, 2, 3, и 4, как показано на рис. V.1. Натяжение в стяжках, соответственно, P1, P2, P3 и P4. Ускорения упаковки равны a_x, a_y и a_z.

V.18. Под действием абсолютных ускорений a_x, a_y и a_z упаковка подвергается воздействию сил F_x, F_y, F_z (равных Ma_x, Ma_y, Ma_z, соответственно) и силы F_g (равной Mg), приложенных к центру тяжести. В данном примере предполагается, что в момент, предшествующий возникновению сил, предварительное натяжение во всех стяжках (P_1, P_2, P_3 и P_4) близко к нулю, т.е. стяжки просто «натянуты» (без провисания).

V.19. Рассмотрим силу F_x, действующую отдельно: только стяжки P_1 и P_4 сопротивляются этой силе через натяжение, поскольку стяжки P_2 и P_3 не действуют на сжатие. Рассмотрим силу F_y, действующую отдельно: с теми же самыми аргументами, что и выше, только стяжки P_1 и P_2 сопротивляются этой силе через натяжение.

V.20. Рассмотрим силы F_x и F_z, действующие совместно: жесткая упаковка стремится опрокинуться через край днища, а стяжки P_1 и P_4

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сопротивляются этому за счет натяжения. Рассмотрим также силы F_y и F_z, действующие совместно: стяжки P_1 и P_2 сопротивляются опрокидыванию за счет натяжения. Симметрия этого примера обеспечивает то, что определенные выше пары стяжек несут равную нагрузку.

V.21. Для расчета верхнего предела натяжения стяжек рассмотрим силы F_x и F_z, действующие совместно, и упаковку в точке опрокидывания через край днища. Беря моменты сил относительно этого края, получим следующее:

$$F_x\,(Z/2) + F_z\,(X/2) = F_g\,(X/2) + 2ZP_{1x}\,(\cos\varphi\cos\alpha) + 2XP_{1x}\sin\varphi$$

V.22. Поскольку $Z = X$, $F_x = Ma_x$, $F_z = Ma_z$ и $Fg = Mg$, P_{1x} определяется как:

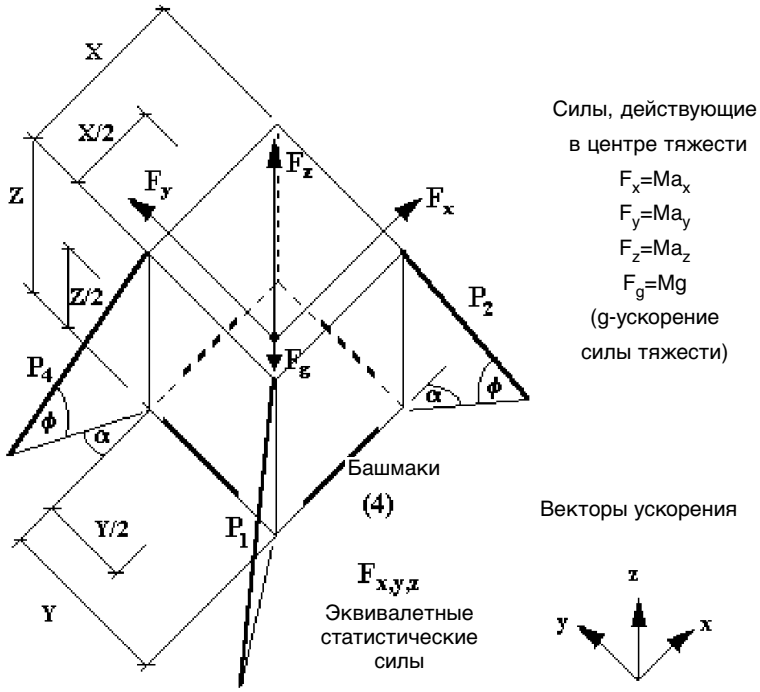


РИС. V.1. Графическое представление системы натянутых стяжек с башмаками

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

$$P_{1x} = [M(a_x + a_z - g)]/[4(\cos\varphi \cos a + \sin\varphi)]$$

V.23. Аналогично для сил F_y и F_z, действующих совместно, и упаковки в точке опрокидывания через край днища имеем следующее:

$$P_{1y} = [M(a_y + a_z - g)]/[4(\cos\varphi \cos\alpha + \sin\varphi)]$$

V.24. Максимальные усилия в стяжках для автомобильного транспорта можно рассчитать, предполагая, что $P_1 = P_{1x} + P_{1y}$ и что $a_x = 2g$; $a_y = 1g$; $a_z = 2g$ и $\alpha = \varphi = 45°$. Следовательно:

$$P_1 = 0{,}621\ Mg + 0{,}414\ Mg = 1{,}035\ Mg$$

V.25. Следует отметить, что комбинирование P_{1x} и P_{1y}, как это сделано, является консервативным, поскольку при определении P_{1x} и P_{1y} каждый раз в уравнение равновесия моментов для системы включался член $(a_z - g)$.

V.26. В общем случае, геометрия упаковки или асимметрия горизонтальных коэффициентов перегрузок, которые должны использоваться, будут определять, через какой край упаковка будет стремиться опрокинуться, и в расчете можно игнорировать наложение двух горизонтальных сил при определении требований к системе крепления.

V.27. При расчете максимальных нагрузок на башмаки рассчитанные горизонтальные силы, приложенные к башмакам, будут максимальны, если пренебречь трением между дном упаковки и полом транспортного средства. Сила трения трудно определяется количественно и может равняться нулю, если действующее вертикальное ускорение будет достаточным для преодоления влияния гравитации.

V.28. Для оценки максимальных горизонтальных сил, действующих на башмаки, можно исследовать каждое направление, предполагая наличие только сил ускорения в горизонтальной плоскости. Рассмотрим F_x, действующую при $F_z = F_g$. Упаковка удерживается от соскальзывания стяжками 1 и 4 и башмаком на противоположной стороне. Из соображений симметрии $P_{1x} = P_{4x}$, и в момент скольжения и опрокидывания для горизонтального равновесия получается следующее:

$$F_x = 2P_{1x}(\cos\varphi \cos\alpha) + F_{cx}\ ,$$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

где F_{cx} – сила, действующая на башмак, которая при подстановке Ma_x вместо F_x равна

$$F_{cx} = Ma_x - 2P_{1x}(\cos\varphi \cos\alpha).$$

V.29. Однако из приведенного выше,

$$P_{1x} = [M(a_x + a_z - g)]/[4(\cos\varphi \cos\alpha + \sin\varphi)]$$

Таким образом, для $a_x = 2g$, $a_z = 1g$, при отсутствии трения и $\varphi = \alpha = 45°$ получаем:

$$F_{cx} = 1{,}586\ Mg$$

V.30. Аналогично, для силы F_{cy}, действующей на башмак, при $a_y = 1g$; $a_z = 1g$ и $\varphi = \alpha = 45°$,

$$F_{cy} = 0.793\ Mg$$

V.31. Следует отметить, что может потребоваться рассмотрение различных комбинаций перегрузок для получения максимального нагружения стяжек и башмаков, т.е. для получения окончательного решения необходим итеративный подход.

V.32. Из приведенного выше примера видно, что башмаки воспринимают значительные силы. При отсутствии таких башмаков единственным средством крепления упаковки остается ее удержание стяжками, и эти стяжки, при достаточно небольших перегрузках, должны предварительно натягиваться и противостоять силам, значительно большим, чем те, которые имеют место при наличии башмаков. Во многих ссылочных документах [V.1–V.27] настоятельно рекомендуется установка башмаков, как наилучшая практика, с целью избежания таких завышенных требований по прочности стяжек.

Прямоугольная упаковка с фланцем на днище, крепящимся болтами к транспортному стредству

V.33. На рис. V.2 показан общий вид прямоугольной упаковки с фланцем на днище, крепящимся болтами к транспортному средству, на рис. V.3 изображена диаграмма сил, используемая в анализе, а символы, используемые в этом анализе, приведены в табл. V.3. Предполагается, что:

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(i) болты, расположенные вдоль сторон, параллельных главной силе, не вносят вклада, и опрокидывающей силе оказывают сопротивление только болты на стороне фланца, противоположной O;

(ii) фланец является недеформируемым.

Равновесие вертикальных сил:

$$Ma_z + R_z = Mg + F$$

Равновесие горизонтальных сил:

$$Ma = R$$

Равновесие моментов сил относительно O дает

$$R_z k + Ma_z Hg + MaZ_g = MgH_g + FH$$

При отрыве k стремится к нулю, и уравнение упрощается до

$$Ma_z H_g + MaZ_g = MgH_g + FH$$

Собирая члены, направленные вверх, и преобразуя, получаем

$$F = [M\{H_g(a_z - g) + Z_g a\}]/H$$

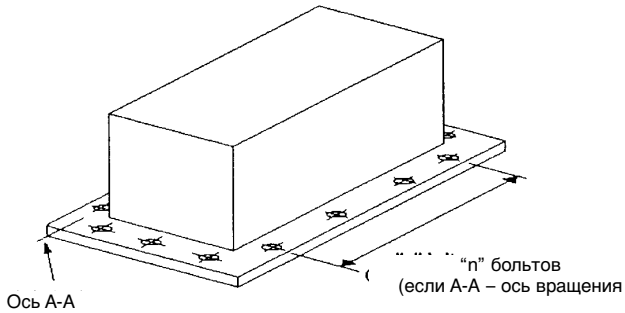


РИС. V.2. Общий вид упаковки

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

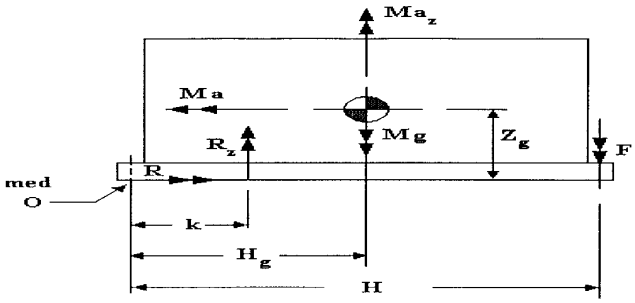


РИС. V.3. Диаграмма сил, используемых в анализе

Следовательно, максимальная нагрузка на каждый болт на стороне, противоположной O (ось вращения A – A), равна

$$T = F/n \text{ или } T = [M\{H_g(a_z - g) + Z_g a\}]/Hn$$

ТАБЛИЦА V.3. СИМВОЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ УПАКОВКИ С ФЛАНЦЕМ НА ДНИЩЕ, КРЕПЯЩИМСЯ БОЛТАМИ К ТРАНСПОРТНОМУ СРЕДСТВУ

a	Ускорение в горизонтальной плоскости (м/с^2)
a_x	Ускорение вдоль горизонтальной продольной оси x (м/с^2)
a_y	Ускорение вдоль горизонтальной поперечной оси y (м/с^2)
g	Гравитационная постоянная (м/с^2)
F	Общая сила, действующая на болты, расположенные вдоль стороны противоположной O (Н)
H	Длина упаковки (м)
a_z	Ускорение вдоль вертикальной оси z (м/с^2)
H_g	Расстояние от оси вращения до центра тяжести (м)
k	Расстояние от оси вращения до точки приложения силы Rz (м)
M	Масса упаковки (кг)
n	Количество болтов на стороне, противоположной O
R	Реакция опоры в горизонтальном направлении (Н)
R_z	Реакция в вертикальном направлении между упаковкой и перевозочным средством (Н)
T	Максимальное растягивающее усилие в каждом болте (Н)
Z_g	Вертикальное расстояние от днища до центра тяжести (м)

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

V.34. Горизонтальная сила в плоскости днища равна R. Поскольку упаковочный комплект эффективно и полностью зафиксирован болтами, сдвигающие усилия, которым должны противостоять болты, равны Ma_x и Ma_y, соответственно. Для восприятия силы R должны использоваться «болты на срез».

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИИ V

V.35. В целях руководящих замечаний данного приложения использованы следующие определения:

Узел крепления — Арматура на упаковке, к которой прикрепляются связки, элементы или другие крепежные приспособления.

Анкерный болт — Арматура на транспортном средстве, к которой прикрепляются стяжки или другие крепежные приспособления.

Башмак — Арматура, прикрепленная к транспортному средству для восприятия горизонтальных сил от упаковки.

Подставка — Сыпучий материал, используемый для защиты груза в корабельном трюме или подставка в перевозимой упаковке.

Крепление — Использование подстилок, скобок, колодок, стяжек, сетей, фланцев, стеллажей и т. п. для предотвращения перемещений упаковки в или на перевозочном средстве в ходе перевозки.

Стеллаж — каркас, смонтированный на транспортном средстве для перевозки незакрепленных упаковок. (Примечание: Углубление или колодец представляют собой вариацию концепции стеллажа, если они выполнены в перевозочном средстве.)

Укладка — Место расположения упаковок с радиоактивными материалами в или на перевозочном средстве по отношению к другому грузу (как радиоактивному, так и нерадиоактивному).

Элемент стяжки (стяжка) — Связывающий компонент (например, проволочный канат, цепь, стяжка-стержень) между узлом крепления и анкерным болтом.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Система стяжек — Комплект из узла крепления, анкерного болта и стяжки.

ЛИТЕРАТУРА К ПРИЛОЖЕНИЮ V

[V.1] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Packaging of Uranium Hexafluoride (UF6) for Transport, Rep. ISO 7195:1993(E), ISO, Geneva (1993).

[V.2] CHEVALIER, G., et. al., "L'arrimage de colis de matieres radioactives en conditions accidentelles", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 86 (Proc. Symp. Davos, 1986), IAEA, Vienna (1986).

[V.3] UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, Securing Radioactive Materials Packages to Conveyances, Rep. AECP 1006, UKAEA, Risley (1986).

[V.4] UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY, Fuel Shipping Containers Tie-Down for Truck Transport, RTD Standard F8-11T, USDOE, Washington, DC (1975).

[V.5] OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, Cask Tiedown Design Manual, Analysis of Shipping Casks, Vol. 7.J.T1, Rev. ORNL TM 1312, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1969).

[V.6] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, American National Standard for Highway Route Controlled Quantities of Radioactive Materials — Domestic Barge Transport, ANSI N14.24-1985, ANSI, New York (1993).

[V.7] UNITED STATES OFFICE OF THE FEDERAL REGISTER, Title 10, US Code of Federal Regulations, Part 71.45, U.S. Government Printing Office, Washington, DC (1995).

[V.8] UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER, Agreement Governing the Exchange and Use of Waggons between Railway Undertakings (RIV 1982), Appendix II, Vol. 1 — Loading Guidelines, UIC, Paris (1982).

[V.9] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, International Code for the Safe Carriage of Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High Level Radioactive Wastes in Flasks on Board Ships (INF code), International Maritime Dangerous Goods Code, Supplement 1994, IMO, London (1994).

[V.10] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Series 1 Containers — Specification and Testing — Part 3: Tank Containers for Liquids, Gases, and Pressurized Dry Bulk, ISO 1496-3, 4th ed., ISO, Geneva (1995).

[V.11] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, Ladungssicherung auf Stra.enfahrzeugen; Zurrkrafte, VDI 2702, Beuth Verlag, Berlin (1990).

[V.12] UNITED STATES OFFICE OF THE FEDERAL REGISTER, Title 49, US Code of Federal Regulations, Part 393.100-102, U.S. Government Princting Office, Washington, DC (1994).

[V.13] UK DEPARTMENT OF TRANSPORT, Guide to Applications for Competent Authority Approval, DTp/RMTD/0001/Issue 1, HMSO, London (1992).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[V.14] ANDERSON, G.P., McCARTHY, J.C., Prediction of the Acceleration of RAM Packagings during Rail Wagon Collisions, AEA-ESD-0367, AEA Technology, UK (1995).

[V.15] SHAPPERT, L.B., RATLEDGE, J.E., MOORE, R.S., DORSEY, E.A., "Computed calculation of wire rope tiedown designs for radioactive material packages", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 95 (Proc. Symp. Las Vegas, 1995), USDOE, Washington, DC (1995).

[V.16] GWINN, K.W., GLASS, R.E., EDWARDS, K.R., Over-the-Road Tests of Nuclear Materials Package Response to Normal Environments, Rep. SAND 91-0079, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1991).

[V.17] DIXON, P., "Tie down systems — Proofs of design calculations", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, TCSP(93)P1072, United Kingdom Transport Container Standardisation Committee (1994).

[V.18] JOHNSON, R., Packaging tie-down design — Comments and recommendations on Safety Series 37", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, TCSP(95), United Kingdom Transport Container Standardisation Committee (1995).

[V.19] CORY, A.R., Flask tie-down design and experience of monitoring forces, Int. J. Radioact. Mater. Transp. **2** 1–3 (1991) 15–22.

[V.20] GYENES, L., JACKLIN, D.J., Monitoring the Accelerations of Restrained Packages during Transit by Road and Sea, Rep. PR/ENV/067/94, TRL on behalf of AEA Technology, UK (1994).

[V.21] BRITISH RAILWAYS BOARD, Requirements and Recommendations for the Design of Wagons Running on BR Lines, MT235 Rev. 4, British Railways Board, London (1989).

[V.22] UNITED KINGDOM DEPARTMENT OF TRANSPORT, Safety of Loads on Vehicles, HMSO, London (1984).

[V.23] DIXON, P., "Package tie-downs — A report on a programme of tests and suggestions for changes to design criteria", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, TCSC(96)P99, United Kingdom Transport Container Standardisation Committee (1996).

[V.24] GILLES, P., et al., Stowing of Packages Containing Radioactive Materials during their Road Transportation with Trucks for Loads up to 38 Tons, Rep. TNB 8601-02, Transnubel SA, Brussels (1985).

[V.25] DRAULANS, J., et al., Stowing of Packages Containing Radioactive Materials on Conveyances, N/Ref:23.906/85D-JoD/IP, Transnubel SA, Brussels (1985).

[V.26] KERNTECHNISCHER AUSSCHUSS, Load Attaching Points on Loads in Nuclear Power Plants, Safety Standard KTA 3905, KTA Geschaftsstelle, Bundesamt fur Strahlenschutz, Salzgitter (1994).

[V.27] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Freight Containers, Part 2: Specification and Testing of Series 1 Freight Containers, Section 2.1, General Cargo Containers for General Purposes, BS 3951:Part2:Section 2.1:1991/ISO 1496-1: British Standards, ISO, Geneva (1991).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Приложение VI

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОЙ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ УПАКОВОК В ОТНОШЕНИИ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

VI.1. Это приложение основано на тексте, опубликованном как Глава 2 документа IAEA- TECDOC-717 [VI.1], который был пересмотрен на серии консультативных совещаний. Эта публикация содержит дополнительную информацию по оценке сопротивления хрупкому разрушению на основе оценки конструкции с использованием механики разрушения.

VI.2. Упаковки для перевозки радиоактивных материалов должны отвечать Правилам МАГАТЭ, согласованным всеми государствами-членами МАГАТЭ. Упаковки должны отвечать строгим требованиям в отношении ограничения внешнего излучения, обеспечения удержания радиоактивных материалов и предотвращения критичности. Соответствие этим требованиям должно иметь место в условиях тяжелой аварии. Таким образом, в конструкции таких упаковок должно уделяться внимание предотвращению всех видов разрушения упаковки, которые могут привести к нарушению этих требований. Следует отметить, что при применении этого руководства всегда применимы требования пункта 701(d) Правил (т.е. расчетные процедуры и параметры должны быть надежны и консервативны).

VI.3. Это приложение содержит руководство по оценке конструкции с целью предотвращения одного из возможных видов разрушения, а именно – хрупкого разрушения элементов конструкции упаковки для перевозки радиоактивных материалов. Обсуждаются три метода:

(1) Оценка и использование материалов, остающихся пластичными и прочными во всем диапазоне эксплуатационных температур, включая ее снижение до –40°C;
(2) Оценка ферритных сталей с использованием измерения температуры перехода нулевой пластичности, коррелированной с сопротивлением разрушению;
(3) Оценка сопротивления разрушению на основе оценки конструкции с использованием механики разрушения.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VI.4. Первый метод включен, чтобы охватить подход, при котором стремятся гарантировать, что при любых условиях нагружения, создаваемых для появления разрушения, такое разрушение всегда будет в виде обширного пластического и/или вязкого разрыва, а нестабильное хрупкое разрушение не возникнет ни при каких обстоятельствах. Второй направлен на обеспечение соответствия с общепринятой практикой оценки ферритных сталей. Третий метод – метод, обеспечивающий оценку хрупкого разрушения, пригодную для широкого круга материалов. Следует подчеркнуть, что данное руководство не исключает применения альтернативных методов, надлежащим образом обоснованных конструктором упаковок и принятых компетентным органом.

ОБЩЕЕ РАССМОТРЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ

VI.5. Известно, что многие материалы менее вязки при низких температурах или высоких скоростях нагружения, чем при умеренных температурах и в условиях статического нагружения. Например, способность ферритных сталей поглощать энергию при растягивающем напряжении при наличии дефектов в виде трещин претерпевает заметные изменения в узком диапазоне температур. Вязкость разрушения ферритных сталей заметно изменяется в пределах диапазона переходной температуры. Вязкость разрушения быстро увеличивается с ростом температуры в узком диапазоне от «нижней полки» или области хрупких плоских деформаций с разрушением типа расслоения по плоскостям спайности, проходя через упруго-пластичную область, до «верхней полки» или области вязкого разрушения при разрыве и пластичности, где вязкость разрушения достаточно велика для предотвращения хрупкого разрушения. Температура, при которой вязкость разрушения начинает быстро расти с увеличением температуры соответствует температуре перехода нулевой пластичности, ТПНП [NDTT –nil ductility transition temperature]. Этот тип температурного перехода наблюдается только при наличии трещинообразных дефектов, создающих объемное (трехосное) напряженное состояние, и когда материал демонстрирует увеличение предела текучести с понижением температуры. Те же самые материалы часто демонстрируют увеличение предела текучести с ростом скорости нагружения, поэтому температура перехода может зависеть также и от скорости нагружения. Во всех этих случаях, когда материал действительно находится в хрупком состоянии, растягивающее нагружение такого материала может привести к нестабильному росту трещины с последующим хрупким разрушением, даже если номинальные напряжения меньше, чем предел текучести материала.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Маленьких трещинообразных дефектов в материале может оказаться достаточно, чтобы инициировать такой нестабильный рост.

VI.6. Критерии для предотвращения трещинообразования и развития потенциально нестабильных трещин в изделиях из ферритных сталей, таких как сосуды, работающие под давлением, и трубопроводы, используемые в энергетической, нефтяной и химической промышленности, хорошо разработаны и введены в обычную практику многими национальными и международными органами, издающими стандарты. Эти критерии могут быть отнесены к одному из двух основных типов:

(1) Критерии, основанные исключительно на требованиях по испытанию материалов. Они обычно предназначены для демонстрации того, что какое-либо свойство материала (например, ударная динамическая прочность) было продемонстрировано предыдущим опытом или полномасштабными демонстрационными испытаниями прототипа на работоспособность, либо может быть скоррелировано с вязкостью разрушения для обеспечения необходимого запаса по условиям хрупкого разрушения.
(2) Критерии, основанные на сочетании испытаний материала, расчетов прилагаемых напряжений и стандартов качества изготовления/освидетельствования. Они предназначены для демонстрации того, что существует достаточный запас между рассчитанным состоянием конструкции и измеренным состоянием реакции материала.

VI.7. Методы 1 и 2 основаны на критериях первого из указанных выше подходов, в то время, как метод 3 следует основному подходу механики разрушения либо расширенным подходам механики упругопластического разрушения, описанным ниже. Следует отметить, что линейная механика упругого разрушения может использоваться, пока преобладают пределы текучести небольшого масштаба, если же имеет место большая текучесть, то следует использовать методы механики упругопластического разрушения. Возможны иные методы оценки. Любой подход, предложенный конструктором упаковок, является предметом утверждения компетентного органа.

Метод 1

VI.8. Хрупкое разрушение может произойти внезапно, без предупреждения, и иметь катастрофические последствия для упаковочного комплекта. Поэтому, подход в рамках метода 1 таков, что упаковка должна быть

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

сконструирована из материалов, не подверженных хрупкому разрушению до появления пластического разрушения в нормальных и аварийных условиях, определенных в Правилах.

VI.9. Примером первого метода является использование в качестве материала для упаковок аустенитных нержавеющих сталей. Эти материалы не демонстрируют, в характерном для конструкций упаковок диапазоне, зависимости вязкости разрушения от температуры, и, вообще, имеют хорошую прочность и способность к податливости. Однако, литые аустенитные стали не всегда имеют хорошие свойства, и могут потребоваться некоторые механические испытания для подтверждения их эластичного поведения и высокой вязкости разрушения.

VI.10. Преимущество метода 1 состоит также и в том, что для сопротивления хрупкому разрушению он не рассматривает предельные уровни напряжений, размер дефектов и вязкость разрушения, хотя для вязкого или иных видов разрушения должны применяться обычные конструкторские процедуры.

Метод 2

VI.11. Основой для определения ТПНП является наивысшая температура, при которой в стандартном испытании на удар (падающим грузом) в исходном материале не распространяется хрупкое разрушение от хрупкого наваренного буртика [VI.2]. Она может считаться дном кривой температуры перехода либо для прекращения распространения/образования трещин, либо для нестабильного роста маленьких изначальных трещин.

VI.12. Примеры использования подхода ТПНП в рамках метода 2 включены в документы BS 5500 [VI.3] Британского института стандартов, документы [VI.4] и [VI.5] Секций III и VIII Американского общества инженеров механиков (ASME) и документы RCC-M, Приложение ZG [VI.6] Французских норм ядерного конструирования. Эти методы касаются, например, ферритных сталей, для которых имеются достаточные базы данных по зависимости ударной прочности (удельной работы образца с трещиной) (испытание по Шарпи) от вязкости разрушения. В таких случаях ударная прочность (энергия) по Шарпи может служить косвенным индикатором прочности (вязкой) материала. Этот подход можно использовать для множества высококачественных углеродистых и углеродисто-марганцевых ферритных сталей. Основным приемочным критерием в документах BS 5500 и ASME является требование о

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

минимальности ударной прочности (или расширения в поперечном направлении) при испытании по Шарпи образца с V-образным надрезом при предписанной температуре, хотя лежащее в основе обоснование основано на подходе по ТПНП.

VI.13. Другим примером второго метода являются регулирующие руководства Комиссии ядерного регулирования США (USNRC): Критерий по вязкости разрушения для герметичных сосудов из ферритных сталей транспортных контейнеров с толщиной стенки более четырех дюймов (0,1 м), Регулирующее руководство 7.12 [VI.7], и Критерий по вязкости разрушения основного материала герметичных сосудов из ферритных сталей транспортных контейнеров при максимальной толщине стенки четыре дюйма (0,1 м), Регулирующее руководство 7.11 [VI.8]. Эти критерии предписывают уровни ТПНП, которые должны быть достигнуты для ферритных сталей в зависимости от толщины образцов и температуры. Они определяют требования по минимально допустимой разности температур между ТПНП материала и наименьшей температурой, учитываемой для аварийных условий (принимается равной –29°C), в зависимости от толщины образца. Эта разность температур основана на корреляции между ТПНП и вязкостью разрушения. Хотя эти нормативные руководства специально касаются ферритных сталей, тот же подход можно применить и к другим материалам, которым свойственно подобное поведение при переходных температурах, и для которых можно продемонстрировать корреляцию между ТПНП и сопротивляемостью разрушению. Стандартизованная процедура испытаний по документу ASTM A208 применима только к ферритным сталям. Для измерения ТПНП других материалов там не имеется стандартизированных методов. Однако, есть возможность использования динамических испытаний на разрыв, чтобы получить ТПНП или, по крайней мере, оценку сопротивления разрыву для других материалов [VI.9]. Это даст более тяжелые (консервативные) значения, чем получаемые при испытаниях по Шарпи.

VI.14. Следует отметить, что в документах USNRC даны различные запасы по безопасности для различных типов упаковок и их содержимого, а также учитывается остановка трещин в материале [VI.7, VI.8]. Это достигается путем задания максимально допустимой ТПНП на основе технических отчетов Национальной Ливерморской лаборатории Лоуренса [VI.10, VI.11] и следующего уравнения:

$$\beta = \frac{1}{B}\left(\frac{K_{ID}}{\sigma_{yd}}\right)^2 \qquad \text{(VI.1)}$$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

где

s_{yd} – динамический предел текучести,

K_{ID} – динамический коэффициент интенсивности напряжений при хрупком разрушении,

B – толщина образца,

все в соответствующих единицах.

VI.15. Для упаковок с отработавшим топливом, высокоактивными отходами и плутонием в рамках подхода USNRC ищется вязкость разрушения, достаточная для предотвращения появления сквозной трещины на уровне динамического предела текучести, что равно философии остановки развития трещины, требующей значения b не менее 1,0. Это эквивалентно требованию такого размера номинальной зоны пластичности, при котором ожидается, что условия плоской деформации будут поддерживаться так, чтобы вязкость разрушения не оказывалась в области верхней полки, и пластичность сохранялась. Для других упаковок типа B требуемое значение b не должно быть меньше, чем 0,6. Это эквивалентно требованию того, что вязкость разрушения должна быть не на нижней полке, а в переходной области с ожидаемым преобладанием упруго-пластичного разрушения. Для упаковок, содержащих только материалы с низкой удельной активностью или содержимое которых не превышает 30 A_1 или 30 A_2, USNRC готова рассматривать использование линейных подходов механики упругого разрушения для предотвращения начала разрушения. Этого можно достичь, потребовав значения b не менее 0,4. В этих случаях при толщинах менее 4 дюймов (0,1 м) может быть обоснованным использование мелкозернистых нормализованных сталей без дальнейшего анализа и испытаний. Для всех таких подходов требуемая вязкость разрушения может быть определена с использованием максимальной температуры перехода нулевой пластичности. Преимуществом этих подходов является то, что они не используют предельные уровни напряжений и размеры дефектов. Однако заметим опять, что пластический или иной механизм разрушения должен учитываться в нормальной процедуре конструирования.

Метод 3

VI.16. При перевозке ядерных материалов первый и второй методы не используют возможности конструктора ограничивать напряжения, за счет применения ограничителей удара и неразрушающего контроля (НРК), достаточного для выявления и определения размеров постулируемых дефектов. Кроме того, корреляция вязкости разрушения и

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ударной прочности может быть неприменима к широкому кругу материалов, ограничивая, тем самым, использование конструктором альтернативных материалов герметичной оболочки.

VI.17. Можно найти множество примеров третьего метода, применимых к элементам атомной электростанции. Такие примеры, хотя и не применимы непосредственно к оценке конструкции транспортных упаковок, могут быть поучительными в отношении использования принципов механики разрушения. Эти примеры включены в документы: Приложение G Раздела III ASME [VI.12]; RCC-MR Французских Норм ядерного конструирования [VI.13]; Извещение 501 MITI Японии [VI.14]; Немецкие нормы ядерного конструирования KTA 3201.2 [VI.15]; документ PD 6493:1991 Британского института стандартизации [VI.16]; и документ [VI.17] Содружества независимых государств (СНГ). Эти примеры дают конструктору свободу выбора материала одновременно с возможностью определять напряжения и требования к НРК так, чтобы предотвратить неустойчивый рост трещин и хрупкое разрушение. Фундаментальный подход линейной механики упругого разрушения применим во всех этих случаях, хотя имеются различия в применении коэффициентов безопасности. Эти примеры главным образом касаются медленно прикладываемых нагрузок, которые могут изменяться. Для применения этих принципов к нагрузкам, встречающимся в испытаниях на падение или на проникновение, необходимо учитывать как величину результирующих напряжений, так и реакцию материала на скорость нагружения.

РАССМОТРЕНИЕ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

VI.18. Механическое свойство материала, характеризующее его сопротивляемость неустойчивому росту трещин из существующих трещинообразных дефектов, называется его начальной вязкостью разрушения. Измерение этого свойства в зависимости от температуры и скорости нагружения позволяет проследить переход от хрупкого к пластичному поведению для тех материалов, у которых есть подобие температуры перехода нулевой пластичности. В зависимости от локального состояния напряжений вокруг дефекта и степени пластичности вязкость разрушения определяется по критическому уровню коэффициента интенсивности напряжений (K_I), если условия напряжение-деформация являются линейно-упругими; или, если условия напряжение-деформация являются упругопластическими, прочность может быть представлена критическим уровнем /линейного/ контурного интеграла

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

энергии J_I, либо критическим уровнем раскрытия в вершине трещины (УРВТ) d. Согласно фундаментальной теории механики разрушения, для того, чтобы предотвратить неустойчивый рост трещин и последующее хрупкое разрушение, уровень движущей силы, приложенной к вершине трещины, представляемый через коэффициент интенсивности напряжений K_I, контурный интеграл J_I (удельную работу образца с трещиной КСТ) или уровень раскрытия вершины трещины d_I (УРВТ), должен быть меньше, чем критическое значение хрупкой прочности материала в той же форме, $K_{I(mat)}$, $J_{I(mat)}$ или $d_{I(mat)}$. Стандартные методы испытаний для критических значений K_I даны в ASTM E399 [VI.18] и JSME S001 [VI.19]; для критических значений J_I в ASTM E813 [VI.20] и JSME S001 [VI.19]; и для критических значений УРВТ в BS 7448-2 [VI.21], ASTM E1290 [VI.22] и JWES 2805 [VI.23]. Ведутся дискуссии, чтобы выработать единые рекомендации, охватывающие различные параметры вязкости разрушения [VI.24]. Следовательно, конкретные значения $K_{I(mat)}$, $J_{I(mat)}$ или $d_{I(mat)}$, требуемые для предотвращения неустойчивого роста трещин, зависят от условий нагружения и комбинации условий интересующей окружающей среды. В условиях плоских напряжений, характерных для больших толщин, часто необходимых для упаковок типа B, критическая вязкость разрушения при статических нагрузках демонстрирует минимальное значение в параметрах K_{Ic}, J_{Ic} или d_{Ic}. Кроме того, при повышенной скорости нагружения или при ударных нагрузках, вязкость разрушения, обозначаемая для случая динамического нагружения K_{Id}, для некоторых материалов может быть значительно ниже, чем соответствующее статическое значение K_{Ic} при той же температуре. Если первоначальная глубина дефекта в сочетании с приложенной нагрузкой даст коэффициент интенсивности приложенного напряжения, равный прочности материала, то будет иметь место инициирование трещины, а данная глубина дефекта будет называться критической. В этих условиях может иметь место непрерывное распространение трещин, ведущее к потере устойчивости и разрушению.

VI.19. Для некоторых материалов результаты испытаний на вязкость разрушения, приемлемые в соответствии с ASTM E399 [VI.18], не могут быть получены в стандартных испытаниях из-за избыточной пластичности. Кроме того, некоторые материалы могут не демонстрировать неустойчивый рост трещин после начала их распространения, а для дальнейшего увеличения трещин им требуется увеличение движущей силы трещинообразования, т.е. на ранних стадиях для дальнейшего роста трещин требуется увеличение нагрузки. Оба этих процесса, а именно пластическая деформация и вязкий разрыв поглощают энергию и

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

являются очень желательными атрибутами материалов, от которых необходимо соответствие требованиям по конструкции транспортных упаковок. Следует отметить, что геометрическое и металлургическое влияние элементов большой толщины, часто применяемых в конструкциях упаковок, затрудняет достижение уверенности в том, что в условиях эксплуатации поведение материала в отношении вязкого разрыва будет сравнимо с результатами испытаний при стандартной геометрии.

VI.20. Рекомендованный подход к оценке механики разрушения конструкций транспортных упаковок основан на «предотвращении начала разрушения» и, следовательно, неустойчивого распространения (роста) трещин при наличии трещинообразных дефектов. Иногда могут быть достаточны принципы линейно-упругой механики разрушения. В определенных условиях, при наличии обоснования конструктора упаковки и утверждения со стороны компетентного органа, принципы механики упруго-пластичного разрушения могут быть подходящими. В таких случаях предотвращение образования трещин остается главным критерием, и на ожидаемое сопротивление вязкому разрыву никакой опоры в конструкции не возлагается. В следующих пунктах даются рекомендации по мерам предотвращения неустойчивого роста трещин в упаковках, подверженных механическим испытаниям, предписанным в пунктах 722, 725 и 727 Правил.

VI.21. Следствием принятия подхода, основанного на механике разрушения, является необходимость выполнения количественного анализа. Анализом следует охватывать взаимодействие между постулированными дефектами в упаковке, уровнями напряжений, которые могут наблюдаться, и свойствами материалов, в частности вязкостью разрушения и пределом текучести. Таким образом, следует уделить внимание возможному наличию дефектов на стадии изготовления, а метод проектирования должен установить максимальные размеры дефектов, которые могли бы возникнуть и остаться после любого осмотра и восстановительных мероприятий. Это, в свою очередь, означает, что должны быть установлены методы осмотра и их возможности по выявлению и определению размера таких дефектов в критических местах конструкции. В данном приложении это является основой описанной концепции дефектов. Вероятно, еще потребуется сочетание методов неразрушающего контроля. В соответствующее сочетание, подлежащее определению силами конструктора, следует включать места, подлежащие контролю каждым методом и критерии приемлемости для каждого из обнаруживаемых дефектов. Контролируемость изделия в отношении

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

размера и расположения дефектов, которые могут быть пропущены, является важным элементом любого подхода к конструкции с использованием принципов механики разрушения. Обсуждение этих аспектов содержится далее в этом приложении. Кроме того, должно быть возможно определять уровни напряжений, которые могут возникать в различных частях упаковки в различных условиях проектных аварий, и иметь некоторые оценки погрешностей такого определения. И, наконец, должны иметься сведения о вязкости разрушения материала, используемого для упаковки, во всем диапазоне температур эксплуатации, основанные на результатах испытаний, оценках нижней границы или справочных кривых, включая влияние повышенных скоростей нагружения, которые будут иметь место при авариях с соударениями.

VI.22. Фундаментальное уравнение линейно-упругой механики разрушения, описывающее поведение конструкции в виде зависимости движущей силы в вершине трещины от приложенного напряжения и глубины дефекта, выглядит следующим образом:

$$K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a} \qquad \text{(VI.2)}$$

где

K_I – приложенный коэффициент интенсивности напряжений (МПа × м$^{1/2}$),

Y – константа, зависящая от размера, ориентации и геометрии дефекта и конструкции,

s – прилагаемое номинальное напряжение (МПа),

a – глубина (по российским справочным данным – 1/2 длины – *прим. редактора русского перевода*) дефекта (м).

VI.23. Далее для предотвращения хрупкого разрушения приложенный коэффициент интенсивности напряжений должен удовлетворять соотношению

$$K_I < K_{I(mat)} \qquad \text{(VI.3)}$$

где $K_{I(mat)}$ определяет вязкость разрушения.

VI.24. Это должно быть получено из испытаний при скорости нагружения, соответствующей той, при которой будут испытывать упаковку с учетом влияния ограничителей удара, предусмотренных в конструкции.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VI.25. Для

$$K_I = K_{I(mat)} \qquad (VI.4)$$

уравнение (VI.2) можно объединить с уравнением (VI.4), чтобы получить следующее выражение для критической глубины дефекта a_{cr}:

$$a_{cr} = \frac{1}{\pi}\left(\frac{K_I(mat)}{Y\sigma}\right)^2 \qquad (VI.5)$$

VI.26. Целью процесса оценки хрупкого разрушения является обеспечение того, что три параметра, характеризующих это явление (вязкость разрушения материала, приложенные напряжения и размер дефектов) удовлетворяют уравнениям (VI.2) и (VI.3) или соответствующим упругопластическим условиям, предотвращая, тем самым, неустойчивый рост трещин.

VI.27. Влияние пластичности и локальной текучести в вершине трещины должно увеличить прочность вершины трещины по сравнению с той, которая обусловлена трещиной того же размера при том же уровне напряжений в условиях исключительно линейно-упругих условий нагружения. В рамках упругопластической механики разрушения существует несколько путей учета взаимосвязи между пластичностью и напряжениями в вершине трещины. Например, два таких подхода внесены в национальные нормативные документы – приложенный J-интеграл [VI.25] и диаграмма оценки разрушения [VI.16, VI.26] – и их использование может быть обосновано при оценке упаковочных комплектов. Критерии приемлемости для этих упругопластических методов обычно более сложны, чем простой предел, определенный уравнением (VI.3). В случае метода приложенного J-интеграла такой критерий должен включать предел самого приложенного J-интеграла при заданном определении начала разрушения. В рамках метода диаграммы оценки разрушения можно рассчитать координаты L_r и K_r оценки обрыва пластики и хрупкого разрушения для напряжений и заданной глубины дефектов, при условии, что точки такой оценки лежат в пределах поверхности FAD (см. рис. VI.1). Важно осознавать, что если имеет место значительная текучесть и коэффициент интенсивности напряжений определен только по уровню напряжений и размеру трещин без учета текучести, то применение методов линейно-упругой механики разрушения может оказаться неконсервативным. Полное описание этих подходов для более детального ознакомления можно найти в [VI.17, VI.25, VI.26].

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VI.28. Следует отметить, что текучесть элементов за пределами системы герметизации, которые специально предусмотрены для поглощения энергии за счет пластической деформации, не следует считать недопустимой.

КОЭФФИЦИЕНТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ МЕТОДА 3

VI.29. Любые коэффициенты безопасности, которые можно применить к уравнению (VI.3) или к параметрам, входящим в него и упругопластические расширения этого уравнения (VI.3), должны учитывать погрешности расчетов или измерения этих параметров. В них могут входить погрешности, связанные с расчетом напряжений в упаковке, с контролем упаковок на наличие дефектов и с определением вязкости разрушения материала. Таким образом, требуемый общий коэффициент безопасности зависит от того, являются ли значения различных входных параметров результатом наилучшей оценки (средними), или они определены для верхней границы диапазона параметров нагружения, заданного размера дефектов и нижней границы вязкости разрушения. В частности, проблема погрешности НРК (неразрушающего контроля) может быть решена за счет соответствующего консерватизма при выборе опорного дефекта.

VI.30. Для предотвращения неустойчивого роста трещин в материалах упаковки, коэффициенты безопасности для нормальных условий перевозки и гипотетических аварийных условий следует в целом согласовывать с коэффициентами безопасности, разработанными для сходных условий нагружения в упомянутых применениях подхода линейно-упругой механики разрушения. Например, для условий нагружения, ожидаемых в условиях нормальной эксплуатации в течение срока службы, в Разделе XI Норм ASME для эксплуатационного контроля элементов атомной электростанции приведен общий минимальный коэффициент безопасности по вязкости разрушения, входящей в уравнение (VI.3), равный(приблизительно 3). Для неожиданных (но проектных) условий нагружения, таких как условия гипотетической аварии, там же приведен общий минимальный коэффициент безопасности для вязкости разрушения, входящей в уравнение (VI.3), равный(приблизительно 1,4). Следует заметить, что подобный минимальный коэффициент безопасности для уравнения (VI.3) следует использовать для верхней границы параметров нагружения и заданного размера дефектов, и нижней границы вязкости разрушения, привлекая, если необходимо, статистические оценки. Конструктору упаковки следует выбирать и обосновывать коэффициенты

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

безопасности и согласовывать их с компетентным органом, принимая во внимание результаты валидации методов, используемых для анализа напряжений (например, норм анализа методом конечных элементов), разброс свойств материала и погрешность выявления и определения размера дефектов при НРК.

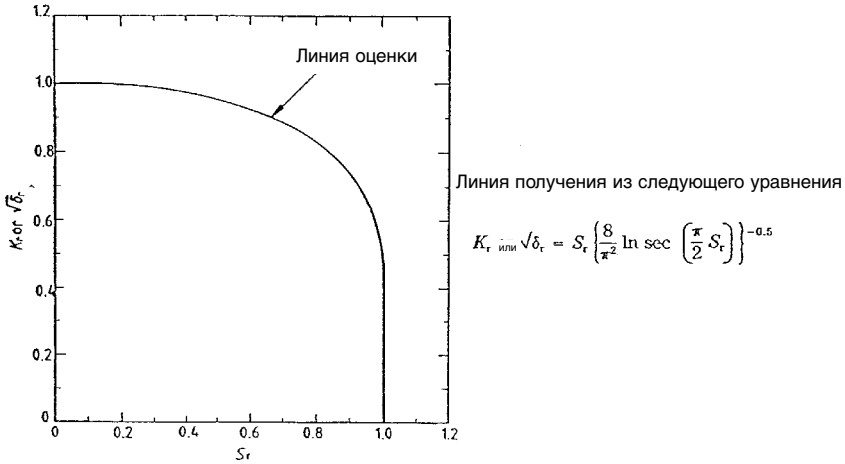
ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ ДЛЯ МЕТОДА 3

VI.31. Для применения рекомендованного подхода необходимы следующие общие шаги: (1) задание опорного, или базисного для конструкции, дефекта в наиболее критической точке упаковки и с наиболее критической ориентацией; (2) расчет напряжений при механических испытаниях, описанных в пунктах 722, 725 и 727 Правил, гарантирующий учет всех требуемых сочетаний нагрузок; (3) расчет приложенного коэффициента интенсивности напряжений в вершине базисного для конструкции дефекта; (4) расчет или оценка нижней границы вязкости разрушения материала для скоростей нагружения, которым может подвергаться упаковка; (5) расчет отношения прилагаемых чистых напряжений в сечении к пределу текучести в соответствующих условиях нагружения; и (6) удовлетворение запаса по безопасности между приложенным коэффициентом интенсивности чистых напряжений и принятым значением вязкости разрушения материала, а также между приложенным напряжением и пределом текучести. Это будет гарантировать, что в результате механических испытаний, определенных в Правилах, трещина не возникнет либо не вырастет, и, поэтому, неустойчивый рост трещин и/или хрупкое разрушение не возникнет. Чистое напряжение – это напряжение, рассчитанное для сечения, уменьшенного из-за наличия трещины.

VI.32. Эта последовательность шагов изменяется, если для демонстрации сопротивляемости хрупкому разрушению напрямую используются механические испытания. В этом случае результаты измерений при испытаниях могут использоваться для одной из двух или для обеих целей, а именно – дать заключение о поле напряжений для расчета применяемого коэффициента интенсивности напряжений, или обеспечить прямое подтверждение рекомендованного запаса в отношении инициации разрушения. Во втором случае трещина размещается в таком месте испытываемого прототипа упаковки, которое наиболее уязвимо к возникновению и росту дефекта при испытательных механических нагрузках с учетом минимальной температуры –40°C. Опорному дефекту следует придавать полуэллиптическую форму с соотношением сторон

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(длины к глубине) 6:1 или более. Вершину этого искусственного дефекта следует делать как можно более трещиноподобной при остроте опорного дефекта, обоснованной конструктором упаковки и приемлемой для компетентного органа. Для ковкого железа был предложен радиус скругления дефекта в вершине, не превышающий 0,1 мм [VI.27]. Глубина этого дефекта определяется по предварительно рассчитанным



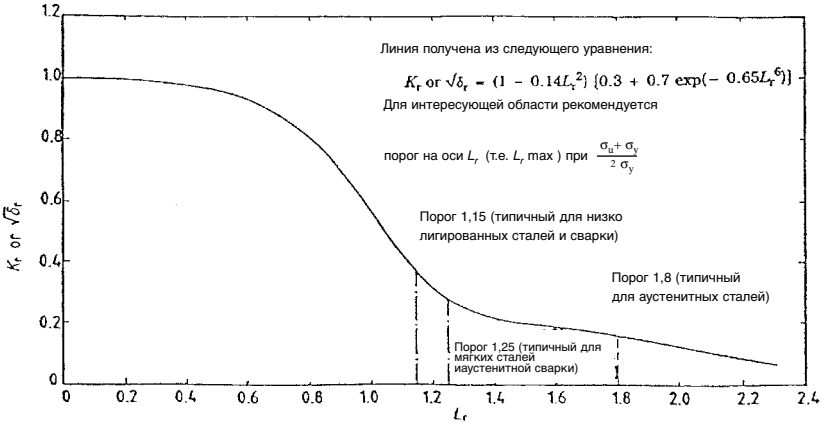


РИС. VI.1. Диаграммы оценки разрушения для трактовки упругопластической механики разрушения [VI.16]. (a) Диаграмма оценки уровня 2, (b) Диаграмма оценки уровня 3

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

напряжениям или по измеренным деформациям; при расчете глубины искусственного дефекта следует также учитывать соответствующий коэффициент безопасности.

VI.33. В последующих пунктах приведены рекомендации по каждому из указанных шагов.

Рассмотрение дефектов

VI.34. В данном приложении упоминаются три различных размера дефекта. «Опорный размер дефекта» – это заданный размер дефекта, используемый в аналитических целях. «Выбраковываемый размер дефекта» – это размер дефекта, при обнаружении которого в ходе предэксплуатационного контроля констатируется нарушение требований обеспечения качества. «Критический размер дефекта» – это размер, который потенциально неустойчив в базисных условиях нагружения конструкции.

VI.35. Для демонстрации аналитическим способом, либо результатами испытаний, опорный дефект следует помещать на поверхности стенки упакованного содержимого в место с наибольшими приложенными напряжениями. Если упаковка подвергается циклическим или колебательным нагрузкам, следует учитывать возможность развития усталостных трещин в процессе эксплуатации. Если место возникновения наибольших прикладываемых напряжений неопределенно, может потребоваться многократная демонстрация. Ориентацию опорного дефекта следует выбирать так, чтобы наибольшая компонента поверхностных напряжений, определенных из расчета или измерений, была перпендикулярна к плоскости дефекта. При этом следует учитывать наличие областей концентрации напряжений. Глубину опорного дефекта следует выбирать так, чтобы была обоснована ее связь с объемной чувствительностью контроля, погрешностью детектирования, выбраковываемым и критическим размерам дефекта. Опорную глубину дефекта следует выбирать так, чтобы согласно результатам обоснования, выполненного конструктором упаковки, при имеющейся объемной и поверхностной чувствительности контроля вероятность его пропуска была достаточно мала. В качестве наименьшей может быть выбрана глубина при размере, для которого может быть продемонстрировано, что вероятность его пропуска статистически незначима, при соответствующем учете погрешности метода контроля.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VI.36. Опорный дефект с соотношением сторон 6:1 следует ориентировать так, чтобы его площадь в плоскости, нормальной к направлению максимального напряжения, была больше, чем типичные результаты предэксплуатационного контроля, которые могут быть причиной изъятия или ремонта изготовленной стенки защитной оболочки упаковки. Однако, поскольку опорный дефект – это поверхностный трещиноподобный дефект, а не реальный дефект металла (например, пористость или включение шлака под поверхностью), выбор этого размера дефекта является крайне консервативным по отношению к стандартам качества изготовления.

Рассмотрение обеспечения качества и неразрушающего котороля

VI.37. Чтобы транспортная упаковка работала удовлетворительно, ее следует конструировать и изготавливать по соответствующим стандартам, из подходящих материалов и без больших дефектов независимо от того, использовался ли подход к конструкции, основанный на механике разрушения, или нет. Имеется в виду, что на стадии конструирования и изготовления следует реализовывать принципы обеспечения качества, а материалы следует подвергать контролю качества, чтобы гарантировать их соответствие установленным требованиям технических условий. В случае металлических упаковок для проверки того, что химический состав, термообработка и микроструктура материала удовлетворительны, и нет внутренних дефектов, следует брать образцы. Металлические упаковки следует подвергать неразрушающему контролю, сочетая выявление поверхностных трещин и объемный контроль. Выявление поверхностных трещин следует выполнять соответствующими методами, такими как магнитная дефектоскопия, применение проникающих красителей или метода вихревых токов в соответствии со стандартными процедурами.

VI.38. Для объемного контроля обычно рекомендуется применять радиографический или ультразвуковой метод, опять же в соответствии со стандартными процедурами. Конструкцию упаковки следует делать пригодной для проведения неразрушающего контроля. Если используется подход, основанный на механике разрушения с применением концепции опорного дефекта, то конструктор упаковки должен продемонстрировать, что предусмотренные методы НРК способны выявить любые подобные дефекты, и эти методы НРК должны применяться на практике.

VI.39. Конструктору следует указать на возможность развития или роста дефектов и на возможное ухудшение свойств материала при

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

эксплуатации. Ему следует определить требования по повторному или периодическому НРК и получить их утверждение от компетентного органа.

Рассмотрение вязкости разрушения

VI.40. Следует показывать, что рассчитанный коэффициент интенсивности приложенных напряжений меньше, чем значение вязкости разрушения материала в уравнении (VI.3) с соответствующим запасом на влияние пластичности и коэффициентов безопасности. Метод определения вязкости разрушения материала следует выбирать из трех вариантов, показанных на рис. VI.2. Каждый из этих вариантов включает обобщение статистически значимой базы данных по величинам вязкости разрушения материала, полученным на формах изделий, представительных в отношении поставщиков материала и пригодных для производства упаковок. В первых двух вариантах следует включать значения вязкости разрушения материала, представительные для скорости деформации, температуры и ограничивающих условий (например, толщины) реальной упаковки. Те же соображения применимы и к измерениям вязкости разрушения материала, используемым при оценке упруго-пластичного разрушения.

VI.41. Вариант 1 следует основывать на определении минимального значения вязкости разрушения конкретного материала при температуре –40°C. Минимальное значение, показанное на рис. VI.2, представляет статистически значимый массив данных для ограниченного числа образцов от ограниченного количества поставщиков материала, полученных при соответствующей скорости нагружения и геометрических ограничениях. Следует обеспечить представительность образцов, формам изделий, соответствующим конкретному применению упаковки.

VI.42. Вариант 2 следует основывать на определении значений вязкости разрушения материала $K_{I(mat)} = K_{Ib}$ на нижней границе области изменения или вблизи нее, как показано на рис. VI.2. Этот вариант может охватывать, как предельный случай, определение вязкости разрушения опорного материала для ферритных сталей по справочной методике, приведенной, например, в Разделе III Приложения G Норм ASME [VI.4]. Значение на нижней границе области изменения или вблизи нее может основываться на составном массиве данных для вязкости разрушения в статических и динамических условиях и в условиях прекращения роста

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

трещин. Преимуществом данного варианта является возможность сокращения программы испытаний для материалов, которые могут быть отнесены к нижней границе кривой или близкой к ней области. Относительно малое, но приемлемое количество точек может быть достаточным для демонстрации применимости кривой к конкретным плавкам, сортам или типам материала.

VI.43. Вариант 3 следует основывать либо на наименьших значениях из статистически значимого массива данных по вязкости разрушения, удовлетворяющих требованиям ASTM E399 [VI.18] по скорости статического нагружения и ограничениям в вершине трещины, либо на упруго-пластичных методах измерения вязкости разрушения [VI.3, VI.4]. Температуру в испытаниях LEFM по ASTM E399 следует обеспечить, по крайней мере, не выше -40°C, а может быть и еще ниже, чтобы удовлетворить условия ASTM E399, как показано на рис. VI.2. Испытания на вязкость разрушения с использованием упруго-пластичных методов следует проводить при наименьшей проектной температуре. Консерватизм этого варианта, в частности, может быть таков, что если

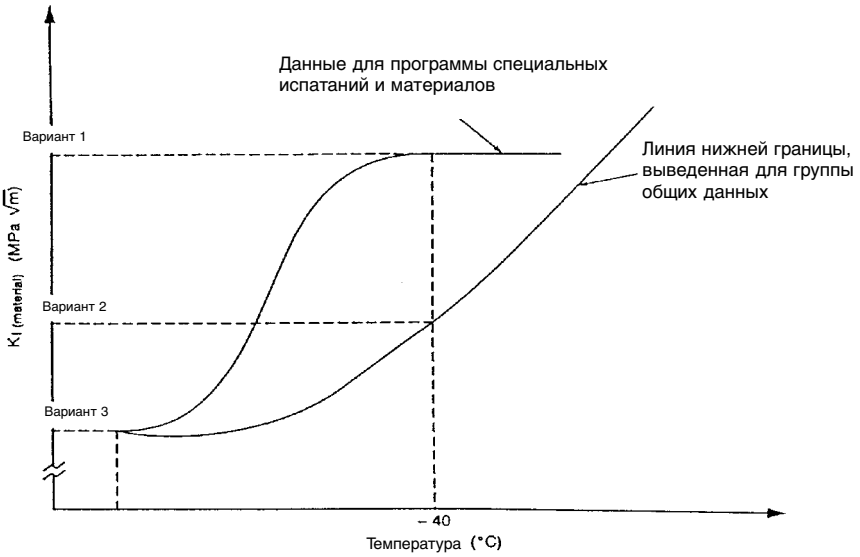


РИС. VI.2. Относительные значения измеренного $K_{I(mat)}$ для вариантов 1, 2 или 3

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

испытания проводились при температурах, меньших -40°C, и это обосновано конструктором и приемлемо для компетентного органа, то возможно использование уменьшенного коэффициента безопасности.

Рассмотрение напряжений

VI.44. И при демонстрации путем испытаний, и при выполнении анализа расчет коэффициента интенсивности приложенных напряжений у вершины опорного дефекта следует основывать на максимальных растягивающих напряжениях в элементах, критических в отношении разрушения, выбор которых обосновывается конструктором и согласовывается с компетентным органом. Элементы, критические в отношении разрушения определяются как элементы, разрушение которых может привести к прорыву или разрушению системы герметизации. Напряжения могут определяться расчетом для упаковки без дефектов. Широко применяемые методы включают прямые расчеты напряжений специалистом в области норм динамического анализа на основе метода конечных элементов или косвенные расчеты напряжений по результатам испытаний. В рамках анализа методом конечных элементов подход к оценке ударных нагрузок может включать либо попытку моделирования инерционных воздействий, либо квазистатический анализ при условии, что реакции ограничителей удара и корпуса упаковки могут рассматриваться независимо. Применение компьютерных программ на основе конечных элементов следует ограничивать теми программами, которые способны выполнять анализ при ударах, и теми конструкторами, которые продемонстрировали свою квалификацию, удовлетворительную для компетентного органа. Компьютерная модель должна быть настроена так, чтобы давать точные результаты в критических областях для каждой изучаемой точки приложения и пространственной ориентации ударного воздействия. Если поле напряжений выводится по результатам измерения поверхностных напряжений при испытаниях масштабной модели либо натурной упаковки, то это выводимое поле напряжений также следует обосновывать. Следует учитывать возможную погрешность измерения напряжений как за счет ошибок размещения, так и из-за влияния конечной длины датчиков, когда они располагаются в зонах локальной концентрации напряжений. Применяемый коэффициент интенсивности напряжений может быть рассчитан непосредственно по результатам анализа напряжений, или рассчитан консервативно по справочным формулам, учитывающим форму дефекта и другие факторы, определяемые геометрией и материалом.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VI.45. Поскольку вычисленные поля напряжений могут зависеть от поведения ограничителей удара, распределения массы, и конструктивных характеристик самой упаковки, обоснование напряжений будет, в свою очередь, зависеть от обоснования аналитических моделей. Если, функция обеспечения того, что проектный уровень напряжений на опорных дефектах при предполагаемой минимальной вязкости разрушения не превышен, возложена на ограничители удара, то конструктору следует выполнять валидацию анализа для компетентного органа, включая обоснование коэффициентов безопасности, для учета неопределенностей. Опыт выполнения динамического анализа методом конечных элементов показал, что можно получить достаточно надежные или консервативные оценки пиковых напряжений при условии, что (i) компьютерная программа способна анализировать ударные события; (ii) используются надежные или консервативные характеристики свойств; (iii) модель либо точна, либо имеет консервативные упрощения; и (iv) анализ выполняется квалифицированным персоналом. Обоснование полей напряжений, получаемых по результатам испытаний, будет зависеть от обоснования характеристик испытательного оборудования, положения и интерпретации /получаемых/ данных. Оценка как рассчитанных, так и производных полей напряжений может также потребовать понимания соответствующих динамических характеристик материала и структурных характеристик /конструкции/.

VI.46. Дополнительные рекомендации по применению метода 3 можно найти в других источниках [VI.28–VI.30].

ЛИТЕРАТУРА К ПРИЛОЖЕНИЮ VI

[VI.1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidelines for the Safe Design of Shipping Packages against Brittle Fracture, IAEA-TECDOC-717, IAEA, Vienna (1993).

[VI.2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Annual Book of ASTM Standards: Standard Test Method for Drop Weight Test to Determine Nil Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels, Vol. 03.01, ASTM E208-87a, ASTM, Philadelphia, PA (1987).

[VI.3] BRITISH STANDARDS INSTITUTION, Specification for Unfired Fusion Welded Pressure Vessels, BS 5500, BSI, London (1991).

[VI.4] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Division 1, Rules for the Construction of Nuclear Power Plant Components, ASME, New York (1992).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[VI.5] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1, Rules for the Construction of Pressure Vessels, ASME, New York (1992).

[VI.6] ASSOCIATION FRANCAISE POUR LES REGLES DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION DES MATERIELS DES CHAUDIERES ELECTRONUCLEAIRES (AFCEN), French Nuclear Construction Code; RCCM: Design and Construction Rules For Mechanical Components of PWR Nuclear Facilities, Subsection Z, Appendix ZG, Fast Fracture Resistance, Framatome, Paris (1985).

[VI.7] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Fracture Toughness Criteria for Ferritic Steel Shipping Cask Containment Vessels with a Wall Thickness Greater than Four Inches (0.1 m), Regulatory Guide 7.12, USNRC, Washington, DC (1991).

[VI.8] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Fracture Toughness Criteria of Base Material for Ferritic Steel Shipping Cask Containment Vessels with a Maximum Wall Thickness of Four Inches (0.1 m), Regulatory Guide 7.11, USNRC, Washington, DC (1991).

[VI.9] ROLFE, S.T., BARSOM, J.M., Fracture and fatigue control in structures, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ (1977).

[VI.10] HOLMAN, W.R., LANGLAND, R.T., Recommendations for Protecting Against Failure by Brittle Fracture in Ferritic Steel Shipping Containers up to Four Inches Thick, NUREG/CR-1815, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (1981).

[VI.11] SCHWARTZ, M.W., Recommendations for Protecting Against Failure by Brittle Fracture in Ferritic Steel Shipping Containers Greater than Four Inches Thick, NUREG/CR-3826, US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (1984).

[VI.12] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Boiler and Pressure Vessel Code, Section III, Division 1 — Appendices, Appendix G: Protection Against Nonductile Failure, ASME, New York (1992).

[VI.13] ASSOCIATION FRANCAISE POUR LES REGLES DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION DES MATERIELS DES CHAUDIERES ELECTRONUCLEAIRES (AFCEN), French Nuclear Construction Code, RCC-MR: Design and Construction Rules For Mechanical Components of FBR Nuclear Islands, Framatome, Paris (1985, with addendum 1987).

[VI.14] MINISTRY FOR INTERNATIONAL TRADE AND INDUSTRY, Technical Criteria for Nuclear Power Structure, Notification No. 501, MITI, Tokyo (1980).

[VI.15] KERNTECHNISCHER AUSSCHUSS, Sicherheitstechnische Regel des KTA, Komponenten des Primarkreises von Leichtwasserreaktoren, Teil 2: Auslegung, Konstruktion und Berechnung, KTA 3201.2, Fassung 3/84, KTA Geschaftsstelle, Bundesamt fur Strahlenschutz, Salzgitter (1985).

[VI.16] BRITISH STANDARDS INSTITUTION, Guidance on Methods for Assessing the Acceptability of Flaws in Fusion Welded Structures, PD 6493, BSI, London (1991).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[VI.17] ГОСТ 25.506-85. Определение характеристик хрупкой прочности при статических нагрузках. Москва (1985).

[VI.18] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Annual Book of ASTM Standards: Standard Test Method for Plane Strain Fracture Toughness of Metallic Materials, Volume 03.01, ASTM E399-83, ASTM, Philadelphia, PA (1983).

[VI.19] THE JAPAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Standard Test Method for CTOD Fracture Toughness Testing, JSME S001, JSME, Tokyo (1981).

[VI.20] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Standard Test Method for JIc, A Measure of Fracture Toughness, ASTM E813, Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01, ASTM, Philadelphia, PA (1991).

[VI.21] BRITISH STANDARDS INSTITUTION, Fracture Mechanics Toughness Tests, Method for Determination of KIc, Critical CTOD and Critical J Values of Welds in Metallic Materials, BS 7448-2, BSI, London (1997).

[VI.22] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, Standard Test Method for Crack Tip Opening Displacement (CTOD) Fracture Toughness Measurement, ASTM E1290-93, Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA (1993).

[VI.23] THE JAPAN WELDING ENGINEERING SOCIETY, Standard Test Method for CTOD Fracture Toughness Testing, JWES 2805, JWES, Tokyo (1980).

[VI.24] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO/TC164/SC4 — Discussions on a Unified Method of Test for Quasi-static Fracture Toughness — N128, ISO, Geneva (1994).

[VI.25] ZAHOOR, A., Ductile Fracture Handbook, Rep. NP 6301-D, EPRI, Palo Alto, CA (1991).

[VI.26] CENTRAL ELECTRICITY GENERATING BOARD, Assessment of the Integrity of Structures Containing Defects, Rep. R/H/R6-Rev. 3, CEGB, London (1986).

[VI.27] CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF ELECTRIC POWER INDUSTRY, Research on Quality Assurance of Ductile Cast Iron Casks, EL 87001, CRIEPI, Tokyo (1988).

[VI.28] DROSTE, B., SORENSON, K. (Eds), Brittle fracture safety assessment, Int. J. Radioact. Mater. Transp. **6** 2–3 (1995) 101–223.

[VI.29] SHIRAI, K., et al., Integrity of cast iron cask against free drop test — Verification of brittle failure design criterion, Int. J. Radioact. Mater. Transp. **4** 1 (1993) 5–13.

[VI.30] ARAI, T., et al., Determination of lower bound fracture toughness for heavy section ductile cast iron (DCI) and small specimen tests, ASTM STP No. 1207, ASTM, Philadelphia, PA (1995) 355–368.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Приложение VII

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПО КРИТИЧНОСТИ

ВВЕДЕНИЕ

VII.1. В данном приложении предложены общие рекомендации по демонстрации соблюдения требований, установленных в пунктах с 671 по 682 Правил, для упаковок, содержащих делящиеся материалы. Выполнение и документирование исчерпывающей оценки безопасности по критичности обеспечивает демонстрацию соблюдения, требуемого в этих пунктах. Документирование оценки безопасности по критичности, включенное в отчет по оценке безопасности (ООБ), является существенной частью заявки на утверждение, направляемой в компетентный орган. Такую оценку безопасности по критичности следует выполнять путем применения соответствующих процедур обеспечения качества на всех этапах, как предписано в пункте 813.

VII.2. Хотя оценки безопасности по критичности могут иногда выполняться с использованием пределов подкритичности по массе и размерам (примеры данных по пределам можно найти в литературе [VII.1–VII.6]), более широко для получения основополагающей информации используется расчетный анализ. Таким образом, в данном приложении приведены рекомендации по подходам к анализу, которые следует учитывать, и документации, которую следует разрабатывать для различных аспектов оценки безопасности по критичности, указанных в пунктах 671–682. Рассмотрена основа для приемлемости результатов расчета по установлению подкритичности в свете регулирующих требований.

ОПИСАНИЕ УПАКОВКИ

VII.3. В раздел критичности ООБ транспортной упаковки следует включать описание упаковочного комплекта и его содержимого. Это описание следует концентрировать на размерах упаковки и компонентах материалов, которые могут влиять на реактивность (например, содержание и размещение делящихся материалов, материалов поглотителя и его размещение, отражающие материалы), а не на конструкционной информации, такой как размещение болтов, цапф и т.п. Следует обращаться к техническим чертежам для пояснения подробностей в отношении изготовленных элементов.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VII.4. В ООБ следует четко заявлять полный спектр содержимого, для которого запрашивается утверждение. Следует приводить значения параметров (например, обогащение по U-235, типы сборок, диаметр таблеток UO_2), знание которых необходимо для ограничения содержимого упаковки в предписанных пределах. Для упаковок с многообразными конфигурациями загрузки следует также особо описывать каждую конфигурацию, включая возможные варианты конфигурации при частичной загрузке. В описание содержимого следует включать:

(1) типы материалов (например, делящиеся и неделящиеся изотопы, топливные сборки реакторов, упаковочные материалы и поглотители нейтронов);
(2) физическую форму и химический состав материалов (например, газы, жидкости, твердые материалы, такие как металлы, сплавы или компаунды);
(3) количество материалов (например, массы, плотности, обогащение U-235 и изотопный состав);
(4) другие физические параметры (например, геометрические формы, кон-фигурации, размеры, ориентацию, дистанционирование и зазоры).

VII.5. В раздел критичности ООБ следует включать описание упаковочного комплекта с упором на особенности конструкции, относящиеся к оценке безопасности по критичности. Следует подчеркивать следующие особенности:

(1) конструкционные материалы и их отношение к безопасности по критичности;
(2) необходимые размеры и объемы (внутренние и наружные);
(3) конструктивные пределы, на которых основана безопасность по критичности;
(4) материалы упаковки, которые действуют как замедлители нейтронов, включая водородосодержащие материалы с плотностью ядер водорода, большей, чем у воды (полиэтилен, пластмассовая обертка, и т.п.) и значительные количества бериллия, углерода или дейтерия; и
(5) другие особенности конструкции, относящиеся к безопасности по критичности (например, элементы, предотвращающие протечки воды внутрь согласно пунктам 677 и/или 680(b)).

VII.6. Следует подробно описывать части упаковочного комплекта и его содержимого, образующие систему локализации. Следует приводить

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

описание испытаний, совместно с результатами наблюдений, проведенных или проанализированных, для установления влияния на упаковку (и систему локализации) нормальных условий перевозки (см. пункт 681(b)) и аварийных условий перевозки (см. пункт 682(b)). Для упаковок, перевозимых по воздуху, следует учитывать влияние испытаний, требуемых в пункте 680(a). При рассмотрении результатов испытаний следует учитывать любое возможное изменение физической или химической формы содержимого, а также непредвиденные обстоятельства согласно пункту 671(a).

МОДЕЛИ АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ПО КРИТИЧНОСТИ

VII.7. Описание содержимого, упаковочного комплекта, системы локализации и влияния соответствующих испытаний следует использовать для формулировки моделей упаковки, необходимых для анализа безопасности по критичности, чтобы продемонстрировать соблюдение требований пунктов 671–682. Для каждой оценки может потребоваться разработка одной или нескольких расчетных моделей. Точная модель упаковки может не понадобиться; приемлемой может оказаться демонстрационная граничная модель. Однако в модель следует в явном виде включать физические особенности, важные для безопасности по критичности, и делать ее согласованной с конфигурацией упаковки после испытаний, предписанных в пунктах 679–682. Любые различия (например, в размерах, материалах, геометрии) между расчетными моделями и реальной конфигурацией упаковки должны быть идентифицированы и обоснованы. Кроме того, ООБ должен обсуждать и объяснять, как идентифицированные различия влияют на анализ.

VII.8. Можно рассматривать четыре типа расчетных моделей: модели содержимого, модели единичной упаковки, модели партий упаковок и модели выхода материалов. В модели содержимого следует включать все геометрические и материальные параметры системы локализации. Дополнительные расчетные модели могут понадобиться для описания диапазона изменения характеристик содержимого или различных конфигураций партии упаковок или конфигураций при повреждении, которые следует проанализировать (см. пункты VII.40–VII.43).

VII.9. Для моделей или их частей, по применимости, следует приводить упрощенные эскизы с указанием размеров. Любые отличия от технических чертежей или других рисунков в заявке следует отмечать и

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

объяснять. Для каждой модели эскизы могут быть упрощены за счет уменьшения количества размерных линий на каждом из них и путем выполнения, по мере необходимости, нескольких эскизов, каждый из которых базируется на предыдущем.

VII.10. В разделе по критичности ООБ следует рассматривать допуски размеров упаковочного комплекта, в том числе компонентов, содержащих поглотители нейтронов. При разработке расчетных моделей следует принимать допуски, ведущие к увеличению консерватизма (т.е. создающих более высокие значения реактивности). Вычитание допуска из номинальной толщины стенки будет консервативным для расчета партии упаковок и не имеет значительного влияния для расчета единичной упаковки.

VII.11. В разделе по критичности ООБ следует рассматривать область изменения характеристик материалов упаковочного комплекта и его содержимого (включая любые неопределенности). Спецификации и неопределенности для делящихся материалов, материалов, поглощающих нейтроны, конструкционных материалов и материалов-замедлителей следует принимать в соответствии с техническими чертежами упаковочного комплекта и установленными критериями для содержимого. Согласно требованиям пункта 673 следует принимать значения параметров в пределах диапазона изменения характеристик материалов, включая неопределенности, при которых имеет место наибольшая реактивность. Например, для каждой расчетной модели плотность атомов любого поглотителя нейтронов (например, бора, кадмия или гадолиния), добавляемого в упаковочный комплект для управления критичностью, следует ограничивать значениями, подтвержденными химическим анализом или измерениями переноса нейтронов, как это указано в пункте 501.

VII.12. На практике влияние небольшой вариации размеров или характеристик материалов можно также учитывать определяя допуск по реактивности, соответствующий ее изменению при изменении рассматриваемых параметров. Этот дополнительный допуск по реактивности следует делать положительным.

VII.13. Полезно приводить таблицу, содержащую все диапазоны изменения характеристик материалов в моделях для расчета безопасности по критичности. Для каждой характерной области упаковки в этой таблице следует указывать (по применимости): материал, плотность материала, состав материала, удельный вес и плотность атомов каждого компонента

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

материала, представленная в модели масса материалов в данной области, действительная масса материалов в данной области (в соответствии с рассмотренными в пунктах VII.3–VII.6 описаниями упаковочного комплекта и его содержимого).

МЕТОД АНАЛИЗА

VII.14. В ООБ следует представлять или давать ссылки на информацию, достаточную для демонстрации того, что компьютерная программа, данные по ядерным сечениям и методика выполнения оценки безопасности по критичности адекватны. В ООБ следует определять и описывать или давать адекватные ссылки на описание расчетных программ, использованных при оценке безопасности. Важным моментом является верификация того, что программное обеспечение работает в соответствии с ожиданиями. В ООБ следует определять или указывать все аппаратное и программное обеспечение (названия, версии и т.п.), использованное для расчетов, а также относящуюся к делу информацию по контролю за версиями. Корректная установка и работа компьютерной программы и используемых данных (например, сечений) следует демонстрировать, выполняя и описывая результаты расчета для тестовых примеров или общих валидационнных задач, поставляемых с программным обеспечением. Следует обсуждать возможности и ограничения программного обеспечения, относящиеся к расчетным моделям, уделяя особое внимание обсуждению ограничений, которые могут повлиять на расчеты.

VII.15. В анализе безопасности по критичности предпочтение отдается методам расчета, обеспечивающим непосредственное решение форм уравнения переноса Больцмана для получения k_{eff}. Метод детерминистических дискретных ординат и статистический метод Монте-Карло являются типичными методами решения, используемыми в большинстве программ для анализа критичности. Анализы методом Монте-Карло преобладают потому, что эти программы могут лучше моделировать геометрические особенности, необходимые для анализа безопасности по критичности. Хорошо документированные и прошедшие валидацию методы расчета могут потребовать меньшего объема описания, чем методы, имеющие ограниченное использование или уникальные. Применение кодов программ, решающих приближенные представления уравнения Больцмана (например, теории диффузии), или упрощенных методов определения k_{eff} следует обосновывать.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VII.16. При использовании метода Монте-Карло лицу, выполняющему оценку безопасности по критичности, следует учитывать неточную природу значений k_{eff}, полученных статистическим методом. Каждое значение k_{eff} следует представлять с указанием стандартного отклонения s. Типичные программы, реализующие метод Монте-Карло, обеспечивают оценку стандартного отклонения для рассчитанного значения k_{eff}. В некоторых ситуациях аналитик может желать получить лучшую оценку стандартного отклонения, выполняя повторные расчеты с другим набором случайных чисел и используя этот массив значений k_{eff} при определении s. Статистическая природа методов Монте-Карло затрудняет также их использование для определения изменений k_{eff} вследствие вариации параметров. Изменение k_{eff} с изменением параметров должно быть статистически значимым, чтобы определить тенденции изменения k_{eff}.

VII.17. Ограничения метода детерминистских дискретных ординат в отношении геометрических моделей обычно ограничивают область его применения расчетами граничных упрощенных моделей, и исследованием чувствительности k_{eff} к изменению параметров системы. В таких анализах чувствительности для демонстрации изменений реактивности при малых изменениях размеров модели или характеристик материалов может использоваться модель специфической области или всей системы (например, топливный стержень или гомогенизированная масса делящегося материала, окруженная детальной моделью чехла). Такие анализы следует использовать, при необходимости, для обеспечения или демонстрации того, что в модели всей упаковки использованы консервативные предположения в отношении расчета значения k_{eff} системы. Например, одномерная модель топливного стержня может использоваться для демонстрации влияния отклонений толщины оболочки на реактивность.

VII.18. В состав метода расчета входят компьютерная программа и используемые ею данные по нейтронным сечениям. Оценку безопасности по критичности следует выполнять с использованием данных по нейтронным сечениям, полученным из измерений при различных нейтронных взаимодействиях (например, захват, деление и рассеивание). В качестве общего источника таких данных следует использовать не видоизмененные данные, полученные обработкой сводок проверенных ядерных данных. Источник данных по сечениям, любая обработка, выполненная для подготовки данных к анализу, и любые необходимые ссылки на документацию по библиотекам сечений и области их применимости следует делать прослеживаемыми в ООБ. Следует

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

обсуждать известные ограничения, способные повлиять на анализ (например, пропуски или ограниченный диапазон данных по резонансу, ограниченный порядок или рассеивание).

VII.19. В ООБ следует включать обсуждение, помогающее убедиться, что значения k_{eff}, рассчитанные по программам, достаточно точны. Адекватность трактовки многогрупповых сечений в решаемой задаче, использование достаточного количества энергетических групп (многогрупповое приближение) или точек данных (приближение с непрерывным изменением энергии) и сходимость численных результатов являются примерами вопросов, рассмотрение и обсуждение которых в ООБ может потребоваться заявителю. В той степени, как допускается программой, заявителю следует демонстрировать или обсуждать проверки, выполненные для подтверждения того, что расчетная модель, подготовленная для анализа безопасности по критичности, соответствует входным данным программы. Например, полезными для такого подтверждения могут быть генерированные программой графики, описывающие геометрические параметры модели, а также распечатки данных по массе материалов в различных областях модели.

VII.20. Статистическая природа расчетов методом Монте-Карло обусловливает наличие правил, критериев или тестов, чтобы судить о том, имеет ли место сходимость результатов расчета; в некоторых программах, однако, уже содержится руководство по вопросу, имеется ли сходимость или нет. Таким образом, аналитику может потребоваться обсуждение выходных данных программы или иные меры для подтверждения адекватности сходимости. Например, многие программы на основе метода Монте-Карло обеспечивают форму представления результатов, которую следует анализировать для определения адекватной сходимости. Кроме того, в ООБ следует идентифицировать и обсуждать все существенные входные параметры или опции программы, принятые при выполнении анализа безопасности по критичности. В случае анализа методом Монте-Карло в эти параметры следует включать начальное распределение нейтронов, количество прослеженных историй (например, количество поколений и частиц в поколении), выбранные граничные условия, учет отражателя, любые оказывающие влияние опции и т.п. Для анализа методом дискретных ординат следует выделять пространственную сетку в каждой области, используемую угловую квадратуру, выбранный порядок рассеяния, выбранные граничные условия, а также критерии сходимости для потока и/или собственного значения.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VII.21. Документация по программе также как и литература [VII.7, VII.8], являются источниками информации для возможного обсуждения неопределенностей программ на основе метода Монте-Карло, использованных для расчета k_{eff}, и рекомендаций относительно особенностей и тенденций выходных данных, на которые следует обращать внимание. Если заявитель столкнулся с проблемой сходимости, следует привести обсуждение проблемы и шагов, предпринятых для получения адекватного значения k_{eff}. Например, расчетная сходимость может быть достигнута за счет выбора различного начального распределения нейтронов или прогонки по дополнительным историям нейтронов. Современные персональные компьютеры и рабочие станции позволяют прослеживать значительное количество историй частиц.

ВАЛИДАЦИЯ РАСЧЕТНОГО МЕТОДА

VII.22. В заявке на утверждение транспортной упаковки следует продемонстрировать, что метод расчета (программы и данные по сечениям), использованный для обеспечения безопасности по критичности, прошел валидацию по результатам измерений, применимость которых к конструктивным характеристикам упаковки может быть показана. Путем валидации следует обеспечивать основу надежности метода расчета и обосновывать значения, определяющие пределы подкритичности системы упаковочного комплекта.

VII.23. В имеющихся руководствах [VII.5, VII.9] по выполнению и документированию процесса валидации указано, что:

(1) систематическая погрешность и неопределенности следует устанавливать путем сравнения с критическими экспериментами, применимыми к конструкции упаковки;
(2) область применимости систематической погрешности и неопределенностей следует основывать на диапазоне вариации параметров в экспериментах;
(3) любое распространение диапазона применимости за пределы экспериментальных параметров следует основывать на тенденциях изменения систематической погрешности и неопределенностей в зависимости от параметров и применения независимых методов расчета; и
(4) верхний предел подкритичности для упаковки следует определять на основе установленных величин систематической погрешности и неопределенностей и запаса подкритичности.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VII.24. Хотя имеется значительное количество справочных материалов, демонстрирующих работоспособность многих программ оценки критичности и комбинаций данных по сечениям, в ООБ все же следует показывать, что конкретный метод расчета (например, версия программы, библиотека сечений и компьютерная платформа), использованный заявителем, обоснован (прошел валидацию) в соответствии с выше обозначенным процессом и учитывает требования обеспечения качества на всех этапах оценки.

VII.25. На первом этапе процесса валидации следует устанавливать соответствующие значения систематической погрешности и неопределенности метода расчета, используя хорошо поставленные критические эксперименты с параметрами (например, материалы, геометрия), которые являются характеристиками конструкции упаковки. При выборе критических экспериментов для процесса валидации следует учитывать конфигурацию единичной упаковки, партии упаковок, а также нормальные и аварийные условия при перевозке. В идеале набор экспериментов должен соответствовать характеристикам упаковки, наиболее влияющим на энергетический спектр нейтронов и реактивность. В состав таких характеристик входят:

(1) делящиеся изотопы (U-233, U-235, Pu-239 и Pu-241 согласно определению в пункте 222), а также форма (гомогенная, гетерогенная, металлическая, оксидная, фторидная и т.д.) и изотопный состав делящегося материала;
(2) водородное замедление с учетом соответствующих оптимальных условий внутри упаковок и между ними (если в упаковке имеются существенные количества других замедлителей, таких как углерод или бериллий, их также следует учитывать);
(3) вид (например, бор, кадмий), размещение (в промежутках между элементами содержимого, в составе или вне содержимого) и распределение поглощающих и конструкционных материалов;
(4) конфигурация содержимого единичной упаковки (например, гомогенная или гетерогенная) и отражающих материалов упаковочного комплекта (свинец, сталь и т.п.); и
(5) конфигурация партии, включая дистанциирование, разделяющий материал и количество упаковок.

VII.26. К сожалению, маловероятно, что полный набор характеристик упаковки может быть найден в доступных данных по критическим экспериментам, а критические эксперименты для больших партий

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

упаковок в настоящее время не существуют. Соответственно, следует моделировать достаточное количество критических экспериментов, чтобы адекватно продемонстрировать, что в каждом из них метод расчета предсказывает k_{eff} в рамках принятых стандартов. Эксперименты следует выбирать с характеристиками, считающимися важными для k_{eff} упаковки (или партии упаковок) при нормальных и аварийных условиях.

VII.27. Выбранные критические эксперименты следует кратко описывать в ООБ со ссылками на литературу, содержащую подробные описания. В ООБ следует отмечать любые отступления от описаний экспериментов, приведенных в ссылочных документах, включая обоснование таких отступлений (дискуссии с экспериментатором, журналы экспериментов и т.п.). Поскольку валидация и вспомогательная документация могут вылиться в объемный отчет, обычно считается приемлемым в ООБ приводить резюме и ссылку на отчет по валидации.

VII.28. Для валидации с использованием критических экспериментов систематической погрешностью метода расчета является разность между рассчитанным значением k_{eff} критического эксперимента и единицей (1,0, хотя может учитываться погрешность эксперимента и использование метода экстраполяции). Обычно говорят, что метод расчета имеет положительную систематическую погрешность, если он дает завышенную критичность (т.е. рассчитанный $k_{eff} > 1{,}0$), и отрицательную, если он недооценивает критичность (т.е. рассчитанный $k_{eff} < 1{,}0$). Расчетный метод должен иметь систематическую погрешность, которая не зависит от характеристических параметров, либо является гладкой, плавной функцией характеристических параметров. По возможности следует проанализировать достаточное количество критических экспериментов, чтобы определить тренд параметров, важных для процесса валидации (например, соотношение водород – делящийся материал (H/X), обогащение U-235, материал поглотитель нейтронов). Систематическую погрешность для набора критических экспериментов следует определять как разность между наилучшим приближением из рассчитанных значений k_{eff} и 1,0. При наличии тренда систематическая погрешность не будет постоянной в пределах диапазона изменения параметров. При отсутствии тренда систематическая погрешность будет постоянной в пределах диапазона применимости. Чтобы тренды были признаны, они должны быть статистически значимы как в отношении расчетных неопределенностей, так и неопределенностей эксперимента.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VII.29. Лицу, выполняющему анализ безопасности по критичности следует учитывать три общих источника неопределенности: неопределенность экспериментальных данных, неопределенность метода расчета и неопределенность, связанную с конкретным аналитиком и расчетными моделями. Примерами неопределенностей в экспериментальных данных являются неопределенности данных о материале или изготовлении, либо неопределенности вследствие неадекватного описания конфигурации эксперимента или просто из-за допусков по оборудованию. Примерами неопределенностей метода расчета являются неопределенности аппроксимации, используемой для решения математических уравнений, неопределенности, связанные со сходимостью решения, и неопределенности данных по сечениям или их обработки. Индивидуальная техника моделирования, выбор входных опций программы и интерпретация результатов расчета являются возможными источниками неопределенности, связанной с аналитиком и расчетной моделью.

VII.30. В общем случае все эти источники неопределенности следует рассматривать интегрально в вариациях значений k_{eff}, рассчитанных для критических экспериментов. Сюда следует включать стандартное отклонение метода Монте-Карло в каждом значении k_{eff}, рассчитанном для критического эксперимента, а также любые изменения рассчитанного значения, вызванные учетом неопределенностей эксперимента. Таким образом, эти неопределенности будут по существу включены в систематическую погрешность и неопределенность этой погрешности. Эта вариация или неопределенность систематической погрешности следует устанавливать путем имеющей силу статистической обработки рассчитанных значений k_{eff} для критических экспериментов. Существуют методы [VII.10], позволяющие оценивать систематическую погрешность и ее неопределенность в зависимости от изменения параметров выбранных характеристик.

VII.31. Следует представлять расчетные модели, использованные для анализа критических экспериментов или давать ссылки на соответствующие описания. Следует приводить наборы исходных данных для анализа, указывая, были ли эти данные разработаны заявителем или взяты из других конкретных источников (опубликованных документов, баз данных и т.п.). Известные неопределенности экспериментальных данных следует указывать с обсуждением того, как (или были ли) они включены в оценку суммарной систематической погрешности и неопределенности метода расчета. В заявке следует основательно обсуждать статистическую обработку, использованную при определении

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

систематической погрешности и ее неопределенности, давая необходимые библиографические ссылки.

VII.32. Как составную часть усилий по валидации, следует указывать область применимости установленной систематической погрешности и неопределенности. В ООБ следует продемонстрировать, что и при нормальных и при аварийных условиях упаковка находится в пределах этой области применимости и/или ООБ должен определить расширение области, необходимое для охвата упаковки. Область применимости следует определять, выявляя диапазон изменения важных параметров и/или характеристик, для которых программа прошел (или нет) валидацию. В заявке на утверждение следует обсуждать и обосновывать процедуру или метод, использованный для определения области применимости. Например, один метод [VII.10] определяет область применимости как пределы (верхний и нижний) изменения характеристических параметров, использованных для корреляции систематической погрешности и неопределенности. В качестве характеристического параметра может использоваться соотношение водород - делящийся материал (например, H/X = от 10 до 500), средняя энергия, вызывающая деление, отношение общего количества актов деления к количеству актов деления на тепловых нейтронах (например, F/F_{th} = от 1,0 до 5,0), обогащение U-235 и т.п.

VII.33. Возможность применения систематической погрешности и неопределенности к упаковке с характеристиками, выходящими за пределы установленной области применимости, допускается в согласованном руководстве [VII.5]. В этом руководстве указано, что распространение за пределы области применимости следует основывать на трендах систематической погрешности как функции параметров системы, и, если распространение является большим, подтверждать независимыми методами расчета. Однако, заявителю следует учитывать, что экстраполяция может привести к слабому предсказанию реального поведения системы. Даже интерполяция в широком диапазоне без экспериментальных данных может ввести в заблуждение [VII.11]. Заявителю следует также учитывать, что сравнение с другими методами расчета может высветить недостаток или обеспечить согласованность; однако наличие отличающихся результатов при применении независимых методов не всегда означает простую задачу определения, который из результатов является «правильным» при отсутствии экспериментальных данных [VII.12].

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VII.34. Аналитик безопасности по критичности должен осознавать, что в настоящее время нет ни согласованного руководства по определению того, что является «дальним» распространением, ни руководства по распространению трендов систематической погрешности. Фактически это не просто тренд систематической погрешности, который следует учитывать оценщику, а тренд неопределенности и систематической погрешности. Малочисленность экспериментальных данных вблизи одного края диапазона изменения параметра может вызвать увеличение неопределенности в этом районе. (Примечание: При любой экстраполяции неопределенности методом Лихтенвальтера [VII.10] следует учитывать функциональную зависимость неопределенности от параметра, а не только максимальное значение неопределенности.) Правильная экстраполяция систематической погрешности и неопределенности означает, что аналитику следует определить и понять тренды систематической погрешности и неопределенности. Аналитику следует прилагать максимальные усилия для расширения области применимости и обеспечивать детальное обоснование необходимости экстраполяции вместе с исчерпывающим описанием метода и процедуры, используемой для оценки систематической погрешности и неопределенности в расширенном диапазоне.

VII.35. В разделе безопасности по критичности ООБ следует продемонстрировать, как систематическая погрешность и неопределенность, определенные из сравнения расчетов с критическими экспериментами, использованы для установления минимального значения k_{eff} (т.е. верхнего предела подкритичности), чтобы аналогичные системы с более высоким рассчитанным значением k_{eff} считались критическими. Для установления критерия приемлемости рекомендовано следующее общее соотношение:

$$k_c - \Delta k_u \geq k_{eff} + n\sigma + \Delta k_m ,$$

где: k_c – условие критичности (1,00); Δk_u – допуск на расчетные значения систематической погрешности и неопределенности; Δk_m – требуемый запас подкритичности; k_{eff} – рассчитанное значение для упаковки или партии упаковок; n – учитываемое количество стандартных отклонений (обычно 2 или 3); σ – стандартное отклонение значения k_{eff} , полученного методом Монте-Карло.

Таким образом, общее соотношение может быть переписано как

$$1{,}00 - \Delta k_u \geq k_{eff} + n\sigma + \Delta k_m$$

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

или

$$k_{eff} + n\sigma \leq 1{,}00 - \Delta k_m - \Delta k_u$$

VII.36. Максимальный верхний предел подкритичности (USL), который следует использовать для оценки упаковок, равен

$$USL = 1{,}00 - \Delta km - \Delta ku$$

VII.37. Как отмечено ранее, систематическая погрешность может быть положительной (завышать оценки критических экспериментов) или отрицательной (занижать оценки критических экспериментов). Однако, разумной практикой оценок безопасности по критичности является предположение, что неопределенности имеют односторонний характер, занижающий оценки условий критичности, и, по определению, всегда равны нулю или отрицательны. Член Δk_u, использованный в данном разделе, представляет составную величину систематической погрешности и неопределенности, и заявителю следует определить этот член так, чтобы не вызывать увеличения значения USL. Таким образом,

$\Delta k_u =$ { абсолютному значению составной величины систематической погрешности и неопределенности, если она отрицательна, или 0, если эта составная величина положительна.

VII.38. Величина запаса подкритичности Δk_m, используемая в оценках безопасности, является предметом обоснования, учитывая чувствительность k_{eff} к предвидимым физическим или химическим изменениям упаковки и наличие исчерпывающего исследования по валидации. Например, системы с низко обогащенным ураном могут иметь высокое значение k_{eff}, но демонстрировать почти незначительные изменения этой величины при мыслимых изменениях условий упаковки или количества делящегося материала. Наоборот, системы с высокообогащенным ураном могут демонстрировать значительные изменения k_{eff} при довольно малых изменениях условий упаковки и количества делящегося материала. Типичной практикой для транспортных упаковок является применение значения Δk_m, равного $0{,}05\Delta k$. Хотя значение Δk_m, меньше 0,05 может быть приемлемым для определенных упаковок, столь малые значения требуют обоснования на основе доступной валидации, продемонстрированного понимания системы и влияния возможных изменений. Статистический метод Лихтенвальтера [VII.10] дает пример подхода,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

который можно использовать для демонстрации того, что выбранное значение Δk_m адекватно данному набору критических экспериментов, использованных при валидации. Малочисленность данных критических экспериментов или необходимость выхода за пределы области применимости [VII.5] могут означать необходимость увеличения запаса подкритичности сверх обычно принимаемых значений.

VII.39. Информацию о потенциально полезных критических экспериментах, стандартных упражнениях и отчетах по валидации характерных программ можно найти в литературе [VII.10, VII.13–VII.21].

РАСЧЕТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Общие аспекты

VII.40. В данном разделе представлен общий логический подход к выполнению расчетов, которые следует представлять в ООБ. Следует выполнять, по крайней мере, две серии расчетов: (1) серию расчетов для отдельной единичной упаковки согласно требованиям пунктов 677–680, (2) серию расчетов для партии упаковок согласно требованиям пунктов 681 и 682. Однако, количество расчетов, которые необходимо выполнить для оценки безопасности будет зависеть от изменения различных параметров и условий, которые должны быть рассмотрены, конструкции упаковочного комплекта и ее особенностей, содержимого упаковочного комплекта, потенциального состояния упаковки при нормальных и аварийных условиях. Для целей оценки безопасности на основе расчетных методов заявителю следует рассматривать термин «подкритический» (см. пункты 671 и 679 – 682), подразумевая, что рассчитанное значение k_{eff} (включая любое стандартное отклонение результатов полученных по методу Монте-Карло) меньше, чем значение верхнего предела подкритичности (USL), определенное в пунктах VII.22–VII.39.

VII.41. В ООБ следует приводить расчеты, представляющие каждую из возможных конфигураций загрузки (полной и частичной). Единую модель содержимого, которая охватывает все различные конфигурации загрузки, следует рассматривать только, если обоснование является ясным и прямым. Необходимы достаточные расчеты для демонстрации того, что делящееся содержимое упаковки рассматривается в своей наиболее реактивной конфигурации, соответствующей физической и химической форме в пределах системы локализации и нормальных и аварийных условиях

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

перевозки. Если параметры содержимого (масса, обогащение, распределение изотопов, пространственное расположение и т.п.) могут варьироваться в некотором диапазоне, то в анализе безопасности по критичности следует продемонстрировать, что модель описывает и использует спецификацию параметров, дающих максимальное значение k_{eff} для условий, определенных в пунктах 671–682. Значения параметров содержимого и/или конфигурации содержимого, обеспечивающие максимальную реактивность, могут варьироваться в зависимости от того, анализируется ли отдельная единичная упаковка или партия упаковок.

VII.42. В гетерогенных смесях делящегося материала следует предполагать оптимальное пространственное разделение между отдельными участками, дающее максимальную реактивность, если не обеспечена адекватная структура, создающая известное разделение или варианты разделения (например, топливные стержни ядерного реактора в сборке). Важно осознавать, что в сложных системах часто имеются конкурирующие факторы, и что единообразное пространственное разделение может не быть состоянием с наиболее возможной реактивностью. В моделях содержимого упаковок, перевозящих отдельные таблетки, следует обеспечить рассмотрение мыслимых вариаций размера таблеток и их пространственного расположения, дающее оптимальную конфигурацию, которая создает наибольшую реактивность. Для упаковок, перевозящих отходы, содержащие делящиеся материалы, при выполнении анализа безопасности следует обеспечивать принятие предельных концентраций делящегося материала. Как требуется в пункте 673, неопределенность содержимого следует учитывать путем принятия наиболее консервативных значений соответствующих параметров (в пределах возможного диапазона изменения); практически этого можно достичь, включая в рассмотрение допуски расчетной неопределенности.

VII.43. По ряду расчетов, которые могут потребоваться, полезно представить расчетные результаты в табличной форме с идентификатором каждого случая вариантов, кратким описанием условий для каждого случая и результатов по ним. Дополнительную информацию следует включать в таблицу, если она подкрепляет и упрощает словесное описание в тексте. Дайер [VII.22] дает пример формата, рекомендованного для резюмирования результатов, полученных для расчетов отдельной единичной упаковки и партии упаковок. Аналогичный формат может использоваться для резюмирования результатов для случаев, демонстрирующих, что ограничивающие условия применены надлежащим образом.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Анализ отдельной единичной упаковки

VII.44. В анализе отдельной единичной упаковки, используемом для демонстрации подкритичности для целей пунктов 679 и 680 следует изображать упаковочный комплект и содержимое в наиболее реактивной конфигурации, соответствующей химической и физической форме материала и с учетом требования рассматривать (пункт 679) либо не рассматривать (пункт 680(a)) натекание воды внутрь. Как отмечено выше, могут понадобиться другие анализы отдельной единичной упаковки, чтобы продемонстрировать промежуточные конфигурации, анализируемые для определения наиболее реактивной. При определении наиболее реактивной конфигурации следует рассматривать: (1) изменение внутренних и наружных размеров вследствие удара; (2) потерю материала, такого как нейтронная защита или деревянная наружная упаковка, при испытании на возгорание; (3) изменение расположения делящегося материала или материала поглотителя нейтронов в пределах системы локализации вследствие удара, возгорания или погружения в воду; и (4) влияние изменений температуры на материал упаковки и/или на свойства нейтронных взаимодействий.

VII.45. Если не имеется специальных устройств согласно пункту 677, в расчетах для отдельной единичной упаковки следует систематически исследовать различные состояния заполнения водой и влияние воды как отражателя нейтронов (согласно требованиям пункта 678) представительные для нормальных и аварийных условий перевозки. Если упаковка содержит множественные пустоты, включая области в пределах системы локализации или системы герметизации, следует рассматривать затопление каждой области (и/или сочетания областей). Следует рассматривать случай отдельной единичной упаковки, полностью заполненной водой и с максимальным отражением. Заявителю следует рассматривать различные последовательности заполнения (например, частичное заполнение, вариации, связанные с горизонтальным или вертикальным расположением упаковки, заполнение водой с пониженной плотностью (замедляющее), постепенное заполнение областей упаковки, начиная с внутренних).

VII.46. В пункте 678 требуется, чтобы при выполнении оценок, необходимых для пункта 679, система локализации предполагалась со всех сторон окруженной отражателем, представляющим собой слой воды нормальной плотности толщиной не менее 20 см, если только материал упаковочного комплекта, окружающий систему локализации, не

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

обеспечивает больший k_{eff}. Таким образом, для обычных и нормальных условий, чтобы определить условия наибольшего значения k_{eff}, должны быть выполнены анализы, рассматривающие отражение водой, находящейся в системе локализации, и отражение водой, находящейся в упаковке. Для аварийных условий перевозки, если продемонстрировано, что система локализации остается внутри упаковки, отражение водой, находящейся в системе локализации, можно исключить и рассматривать только отражение водой, находящейся внутри упаковки. Свинцовая защита вокруг системы локализации является примером отражателя упаковочного комплекта, обеспечивающего большее отражение, чем вода.

VII.47. Несколько анализов отдельной единичной упаковки может быть необходимым для упаковок, перевозимых по воздуху, при оценке соответствия требованиям пункта 680, особенно, если реальное испытание согласно пунктам 733 и 734 не проводилось. При отсутствии соответствующих испытаний, эти анализы должны быть сформулированы так, чтобы продемонстрировать невозможность ситуации, когда отдельная единичная упаковка стала бы критичной, если не предполагать добавления воды к материалам упаковки. Результаты расчетов для отдельной единичной упаковки могут влиять на подход к выполнению и количество расчетов, требуемых для партии упаковок, в частности, если имеются различные конфигурации загрузки содержимого.

Оценка партий упаковок

VII.48. В моделях партий упаковок следует описывать расположение упаковок, которое используется при расчетах, необходимых для выполнения требований пунктов 681 и 682. Необходимы, по крайней мере, две модели партий: партия неповрежденных упаковок, соответствующих нормальным условиям перевозки, и партия поврежденных упаковок, соответствующих аварийным условиям перевозки. Конфигурацию отдельных упаковок (поврежденных и неповрежденных), используемую в соответствующих моделях для партии, следует принимать соответствующей (но не обязательно идентичной) модели отдельной упаковки, рассмотренной в пунктах VII.44–VII.47 (например, необходимо, чтобы утечка в модели отдельной единичной упаковки была минимизирована, так как создает взаимодействие в модели партии).

VII.49. Учет замедления в партии может быть простым или сложным в зависимости от размещения конструкционных материалов и их восприимчивости к повреждениям в аварийных условиях. Для всех этих

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

условий и комбинаций условий аналитику следует тщательно исследовать оптимальную степень внутреннего и внешнего замедления, соответствующего химической и физической форме материала и упаковки при нормальных и аварийных условиях перевозки, и продемонстрировать, что подкритичность обеспечивается. Следует рассматривать различные условия замедления, такие как:

(1) замедление в упаковочном материале, находящемся внутри первичной оболочки;
(2) замедление вследствие избирательного заполнения различных пустот в упаковках;
(3) замедление в конструкционных материалах (например, в теплоизоляции и нейтронной защите);
(4) замедление в пространстве между упаковками в партии.

VII.50. При нормальных условиях перевозки в анализе следует учитывать только замедлители, присутствующие в упаковке (позиции (1) – (3) из указанных выше). Замедление между упаковками (позиция (4) из указанных выше), согласно условиям пункта 681, из-за тумана, дождя, снега, пены, затопления и т.д., учитывать не следует. При определении индекса безопасности по критичности (ИБК) партии поврежденных упаковок заявителю следует тщательно рассмотреть все четыре указанные выше условия, включая то, как каждая форма замедления может изменяться. В качестве примера рассмотрим упаковку с термически разрушаемым материалом для изоляции и материалом - поглотителем (отравителем) тепловых нейтронов. Для нормальных условий перевозки в анализе следует учитывать изоляцию. Для аварийных условий заявителю следует исследовать влияние замедления, ослабленного в результате термических испытаний. Если внутренняя оболочка этой упаковки не предотвращает натекание воды извне, то заявителю следует тщательно оценивать различные степени замедления внутри оболочки. Воздействие, которое оказывает поглотитель нейтронов на реактивность системы, будет изменяться пропорционально изменению степени замедления.

VII.51. В каждом расчете следует предполагать оптимальное замедление, если в условиях соответствующих испытаний не показано, что натекания воды в пустоты быть не должно. Оптимальное замедление является условием, которое обеспечивает максимальное значение k_{eff} для партии (возможно, что это будет иная степень замедления, чем оптимальная для отдельной единичной упаковки). При определении оптимальных условий

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

замедления следует рассматривать частичное и избирательное заполнение. Если натекание воды в систему отсутствует, то в модели партии можно принять фактическое внутреннее замедление, обеспечиваемое материалами упаковки. Аналогично, если замедлитель обеспечивает замедление, большее, чем оптимальное, и, благодаря своей физической и химической форме не может выйти из корпуса, то его замедляющие свойства могут быть приняты в модели. Например, твердый замедлитель, для которого показано, что для делящегося материала его замедляющая способность избыточна, может учитываться в расчетной модели, если его наличие подтверждено. Этот критерий замедления следует оценивать и применять отдельно для нормальных и аварийных условий перевозки.

VII.52. В каждой модели для партии неповрежденных упаковок следует предполагать зазоры между упаковками в соответствии с требованиями пункта 681(а). Для оценки партии поврежденных упаковок согласно пункту 682 следует определять оптимальные условия распределенного водородосодержащего замедлителя. Оптимальными считаются условия водородного замедления, обеспечивающие наибольшее значение k_{eff}. Распределенный замедлитель следует рассматривать как замедлитель, который отделяет одну упаковку в партии от другой. В это распределенный замедлитель для россыпи не следует включать замедление внутри упаковки. Таким образом, если упаковочный комплект обеспечивает замедление для россыпи, больше оптимального, оно может приниматься в расчетной модели.

VII.53. Чувствительность нейтронного взаимодействия между упаковками различна для различных конструкций упаковок. Например, малые легковесные упаковки более зависимы от этого фактора, чем большие тяжелые упаковки (например, упаковки с облученным ядерным топливом). Поскольку вариации замедления на воде внутри и между упаковками следует рассматривать для каждого варианта расположения упаковок, процесс анализа может оказаться трудоемким при отсутствии надлежащего опыта в выборе анализов. Полезно составить график зависимости k_{eff} от плотности замедлителя между упаковками.

VII.54. Первым шагом разработки такого графика является определение оптимального замедления партии упаковок согласно результатам испытаний для аварийных условий. Поскольку вода поступает в зазоры между упаковками, их размещение может ограничивать количество замедлителя, который может быть добавлен. По этой причине иногда удобно моделировать бесконечную партию упаковок, рассматривая

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

повторяющуюся единичную ячейку партии, состоящую из отдельной упаковки и примыкающего граничного слоя. Если реакция k_{eff} на возрастание плотности распределенного между упаковками замедлителя для данной партии с указанными ячейками имеет тенденцию к возрастанию (положительный наклон), то заявителю следует рассматривать увеличение размеров единичной ячейки и повторно рассчитывать k_{eff} в зависимости от плотности замедлителя. Увеличение размеров единичной ячейки приводит к увеличению зазоров между упаковками и обеспечивает больше места для распределенного замедлителя. Эту последовательную процедуру следует прекращать только после подтверждения того, что упаковки являются изолированными, и добавление воды в промежутки между ними обеспечивает только дополнительное отражение.

VII.55. Должны быть рассмотрены все мыслимые комбинации плотности и пространственного расположения, способные привести к большим рассчитанным значениям k_{eff}, и в ООБ должно быть проведено обсуждение, демонстрирующее, что было определено максимальное значение k_{eff}. На рис. VII.1 представлены некоторые примеры графиков изменения k_{eff} от плотности воды как замедлителя в промежутках между упаковками, иллюстрирующие характеристики замедления, поглощения и отражения, которые могут учитываться при оценке безопасности упаковочного комплекта. Кривые A, B, и C представляют партии, для которых партия упаковок имеет сверхзамедление, и возрастание замедления на воде лишь уменьшает (кривые B и C) или не оказывает никакого влияния (кривая A) на значение k_{eff}. Кривые D, E и F представляют партии, для которых партия является «недозамедленной» при нулевой плотности воды, и увеличение плотности замедлителя в промежутках вызывает увеличение k_{eff}. Затем, с дальнейшим возрастанием плотности воды начинает влиять поглощение нейтронов, нейтронное взаимодействие между упаковками уменьшается, и k_{eff} становится постоянным (кривая D) или уменьшается (кривые E и F). Пиковые эффекты, подобные показанным на кривых E и F, могут наблюдаться при очень низкой плотности замедлителя (например, при 0,001 – 0,1 доле от полной плотности). Поэтому следует внимательно подходить к выбору значений плотности замедлителя в промежутках при выполнении расчетов для поиска максимального значения k_{eff}. Следует заметить, что при расчете отдельной единичной упаковки требуется учитывать только водный отражатель толщиной 20 см; соответственно, в случае хорошо дистанциированной партии (более 20 см), k_{eff} для одной упаковки в аварийных условиях может оказаться больше, чем

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

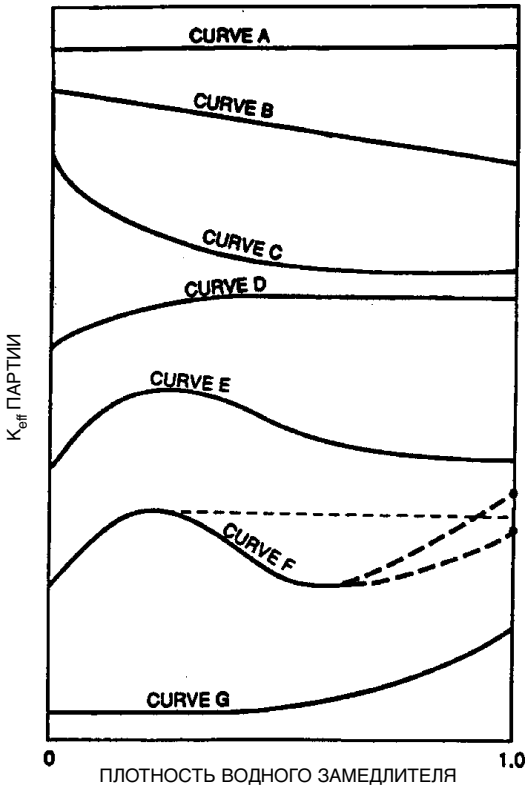


РИС. VII.1. Типичные графики зависимости k_{eff} партии от плотности водного замедлителя в промежутках между упаковками

рассчитанный в модели для отдельной единичной упаковки (это зависит от эффектов, рассмотренных в пунктах 677 и 678). Кривая G представляет партию, для которой оптимальная плотность замедлителя в промежутках не была достигнута даже при полной плотности воды. В этой ситуации заявителю следует увеличить межцентровое расстояние между упаковками партии и повторно рассчитать все варианты.

VII.56. Целью расчетов партии упаковок является получение информации, которая необходима для определения ИБК для контроля критичности, как предписано в пункте 528. В начале аналитик может выполнять расчеты для партии, используя модель бесконечной партии. В последствии может потребоваться уменьшение размеров конечной партии до тех пор, пока размеры партии в нормальных и аварийных

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

условиях перевозки не превышают USL. В качестве альтернативы заявитель может начинать анализ, используя любой размер партии – например, размер, который основан на планируемом к перевозке количестве упаковок на транспортном средстве.

VII.57. При выполнении оценки безопасности по критичности следует обеспечивать рассмотрение наиболее реактивной конфигурации упаковок партии. При исследовании различного расположения партии следует учитывать конкурирующие влияния утечки из партии и взаимодействия упаковок в партии. В партиях, расположенных с минимальным отношением поверхности к объему, уменьшается утечка и должен, попросту говоря, достигаться максимальный k_{eff}. Следует рассматривать предпочтительное геометрическое расположение упаковок в партии. Например, для некоторых упаковок (например, содержащих делящиеся материалы, размещенные не в центре) необходимость оптимизировать взаимодействие может означать, что партия более реактивна, когда упаковки сгруппированы в один или два слоя. Необходимо также учитывать влияние наружного водного отражателя. В некоторых случаях может быть малое количество замедлителя в партии, поэтому увеличение площади поверхности может приводить к большему замедлению и, возможно, большей реактивности. Точное расположение упаковки может быть представлено в упрощенном виде при наличии соответствующего обоснования. Например, было показано, что треугольное шаговое расположение упаковок в простых случаях может быть представлено соответствующим образом модифицированной моделью расположения в виде квадратной шаговой решетки [VII.22]. В более сложных случаях (даже для кубических упаковок) эффект от треугольного расположения может быть важным, поскольку доминирующим фактором может оказаться взаимодействие трех упаковок, расположенных в вершинах треугольника. Поскольку здесь присутствует столь много конкурирующих эффектов, любое упрощение, сделанное в ходе анализа, требует обоснования; что-либо, представляющееся очевидным в отношении утечки из партии, может быть не столь очевидным в отношении взаимодействия упаковок. Для всех конечных партий упаковок следует учитывать отражение со всех сторон от слоя воды толщиной не менее 20 см при полной плотности воды.

VII.58. Значение ИБК следует определять, используя предписание пункта 528 и информацию из анализов партии для количества упаковок, которое остается подкритичным (ниже USL) в нормальных и аварийных условиях.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

VII.59. Конструкторы, пытающиеся уменьшить консерватизм в оценках безопасности по критичности при перевозке, должны тщательно рассматривать вопросы безопасности по критичности в течение всего процесса конструирования. Большое количество переменных, которые могут быть важными, способно привести к очень большому количеству расчетов. Поэтому в интересах аналитика эффективно взаимодействовать с другими членами команды конструкторов и изготовителей упаковок с целью сокращения множества переменных, которые необходимо рассматривать при выполнении оценок, и обеспечения адекватных входных данных по вопросам безопасности по критичности. Трудности понижения граничного консерватизма, традиционно используемого в оценках безопасности по критичности, часто проявляется в необходимости подтверждения поведения упаковки в аварийных условиях и демонстрации влияния этого поведения на безопасность по критичности. Взаимодействие с членами команды конструкторов, ответственных за вопросы структуры, выбора материалов и систему герметизации (защитную оболочку) при конструировании упаковки, важно аналитику безопасности по критичности для получения знаний, необходимых для разработки защищаемых предположений в расчетной модели. Опыт и знания аналитика безопасности по критичности являются ключевым моментом также для того, чтобы гарантировать выполнение и документирование результативной и полной оценки.

VII.60. Варианты конструкции, которые зависят от ограничений по массе, размерам или концентрациям, часто необходимы для безопасности, но часто являются вариантами выбора конструкции, имеющей низкий приоритет из-за уменьшения полезной нагрузки. Аналогично, контроль путем пространственного разделения делящихся материалов требует слишком много ценного места в упаковке. Вариант конструкции, оснащенной специальными средствами предотвращения натекания воды внутрь, является притягательной альтернативой, исключающей рассмотрение воды в оценках критичности, но проектирование и демонстрация работоспособности специальных средств могут оказаться очень сложны и могут привести к продолжительному процессу анализа. Таким образом, использование фиксированных поглотителей нейтронов остается основным вариантом, помогающим в обеспечении безопасности по критичности. Чтобы увеличить загрузку больших количеств перевозимого облученного ядерного топлива (ОЯТ) следует учитывать изотопный состав топлива, возникающий при облучении в качестве

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

альтернативы изотопному составу свежего (необлученного) топлива, используемому в традиционном граничном подходе к оценкам безопасности по критичности упаковок с ОЯТ.

Учет истории облучения (учет выгорания)

VII.61. Главная задача для упаковок, содержащих делящиеся материалы, сводится к обеспечению подкритичности. Так для упаковок, где термические, конструктивные, весовые соображения, а также соображения герметизации и радиационной защиты представляют собой факторы, ограничивающие конструкторские решения, очень привлекательно в анализе основ конструкции придерживаться предположений сколь возможно простых и граничных так долго, пока конструкция упаковки ограничивается другими техническими проблемами. При перевозке облученного ядерного топлива, ОЯТ, (т.е. облученного до выгорания, близкого к проектному) традиционной основой для конструкции при выполнении оценки безопасности по критичности является использование изотопного состава свежего, необлученного топлива. Такой подход является непосредственным, относительно легко защищаемым и обеспечивает консервативный запас, обычно исключающий беспокойство по поводу ошибочных событий.

VII.62. Перевозка ОЯТ с более долгим временем выдержки и необходимость рассматривать более высокий уровень начального обогащения сделала безопасность по критичности фактором, более ограничивающим конструктивные решения для упаковок с ОЯТ. Поэтому для увеличения загрузки ОЯТ в новых конструкциях и допущения больших начальных обогащений в существующих упаковках концепция учета пониженной реактивности вследствие облучения или выгорания ОЯТ становится притягательной альтернативой предположениям свежего топлива. Концепция учета изменения состава топлива и соответствующего уменьшения реактивности вследствие выгорания ОЯТ называется «учет выгорания». Хотя тот факт, что ОЯТ имеет пониженную реактивность по сравнению со свежим топливом, не вызывает сомнений, множество проблем должно быть рассмотрено и решено прежде, чем использовать изотопный состав облученного топлива в анализе конструкционной основы при оценках безопасности по критичности. В эти проблемы входит:

(1) валидация аналитических инструментов и соответствующих ядерных данных для демонстрации их применимости в области учета выгорания;

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

(2) определение анализов основы конструкции, обеспечивающих предсказание граничного значения k_{eff};
(3) эксплуатационный и административный контроль, гарантирующий, что ОЯТ, загруженное в упаковку было проверено на соответствие требованиям по загрузке, определенным для данной конструкции упаковки.

VII.63. Использование изотопного состава ОЯТ в анализах безопасности по критичности означает, что все расчетные методы, используемые для предсказания этого изотопного состава должны пройти валидацию, предпочтительно по результатам измерения. Реактивность ОЯТ уменьшается вследствие уменьшения делящегося содержимого и увеличения количества паразитических поглощающих нейтроны нуклидов (неделящихся актинидов и продуктов деления), образующихся при выгорании. Бродхед [VII.23] и Дехарт [VII.24] дают информацию, помогающую определить важные нуклиды, влияющие на реактивность облученного топлива реакторов PWR. Нуклиды в составе ОЯТ, которые могут быть опущены при выполнении анализа безопасности, представляют собой паразитические поглотители, способные только еще уменьшить k_{eff}, если они будут включены в анализ. Поглотители нейтронов, не являющиеся элементами матрицы топливного материала (газы и т.д.), также должны быть опущены.

VII.64. После выбора нуклидов, используемых в анализе безопасности, должен начаться процесс валидации. Были разработаны каталоги измеренных параметров изотопов [VII.25–VII.27] и предприняты усилия по валидации расчетных методов, используя данные, выбранные из этих каталогов [VII.27–VII.29]. Объем измеренных данных по изотопам, доступных для верификации, ограничен. Кроме того, вызывает озабоченность тот факт, что база данных с измерениями продуктов деления является малой частью измерений для актинидов. Вдобавок, данные по сечениям для нуклидов, являющихся продуктами деления, подверглись гораздо меньшей проверке в широком энергетическом диапазоне, чем большая часть актинидов, важных для ОЯТ. Продукты деления могут обеспечить 20–30% отрицательной реактивности вследствие выгорания, однако неопределенности данных по их сечениям и предсказаний изотопного состава уменьшают эффективность их использования в оценках безопасности с учетом выгорания.

VII.65. Использование изотопного состава ОЯТ подняло также проблемы относительно работоспособности методов расчета k_{eff}. Причиной

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

беспокойства является тот факт, что нет открыто опубликованных результатов критических экспериментов с облученным топливом в транспортной упаковке. Наличие экспериментальных данных по реальному облученному топливу желательно для демонстрации того, что сечения нуклидов, не наблюдаемых в свежем топливе, адекватны для предсказания величины k_{eff}, что вариации изотопного состава и их влияние на k_{eff} могут быть адекватно смоделированы, и что физика взаимодействия частиц в ОЯТ адекватно отражается в методологии анализа. Для обеспечения основ для валидации методов расчета применяемых в ООБ упаковки следует рассматривать достаточный объем соответствующих экспериментальных данных [VII.30–VII.33], используя учет выгорания как базисное предположение для конструкции. Расчет стандартных задач [VII.34–VII.36], позволяющий сравнить независимые методы расчета и данные, также может оказывать значимую помощь в понимании технических проблем и выявлении потенциальных причин расхождения между предсказанными и измеренными данными.

VII.66. Необходимо понимание неопределенностей моделирования и параметров, вместе с соответствующим включением этих неопределенностей в аналитические допущения с тем, чтобы для ООБ упаковочного комплекта было вычислено граничное значение k_{eff}, которое применяет учет выгорания. Многие из этих неопределенностей следует изучать как часть процесса валидации. Например, Дехарт [VII.24] обсуждает процедуру внедрения переменности измеренных изотопных данных в анализ измеренных данных и количество точек данных для получения «поправочного» коэффициента, который подгоняет изотопный состав ОЯТ так, чтобы можно выполнить расчетную консервативную оценку k_{eff}.

VII.67. Нуклидный состав конкретной топливной сборки в реакторе в разной степени зависит от начального содержания нуклидов, удельной мощности, истории работы реактора (включая температуру замедлителя, растворимый бор и размещение сборки в реакторе), наличия выгорающих поглотителей или управляющих стержней, времени охлаждения после выгрузки. Аналитику редко, если когда-либо вообще, известны все параметры облучения; обычно аналитик должен продемонстрировать безопасность по критичности упаковки для определенного начального обогащения, выгорания, времени охлаждения и типа сборки. Данные по удельной мощности, истории работы, осевому распределению выгорания и наличию выгорающих поглотителей

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

должны быть отобраны так, чтобы гарантировать, что рассчитанный состав ОЯТ обеспечит консервативные оценки k_{eff}. Идентификация важных параметров истории реактора и их влияние на реактивность ОЯТ рассмотрены Дехартом [VII.24], Дехартом и Парксом [VII.37] и Боуденом [VII.38]. Аналогично Дехарт и Паркс [VII.37, VII.24] обсуждают влияние неопределенности аксиального профиля выгорания и дают информацию о деталях осевого распределения изотопов и численных входных параметрах (количество историй нейтронов и т.п.), для того, чтобы надежно предсказать значение k_{eff}.

VII.68. Использованием граничных неопределенностей в процессе валидации и в аналитических предположениях должно обеспечить гарантию того, что для диапазона начальных обогащений, выгораний, времени охлаждения и типа сборки анализ безопасности консервативен. Для данного типа сборки и минимального времени охлаждения (реактивность уменьшается с увеличением времени охлаждения в течение первых 100 лет или около того) в ходе анализа безопасности можно получить кривую загрузки (см. рис. VII.2), показывающую область выгораний/начальных обогащений, в которой подкритичность гарантирована.

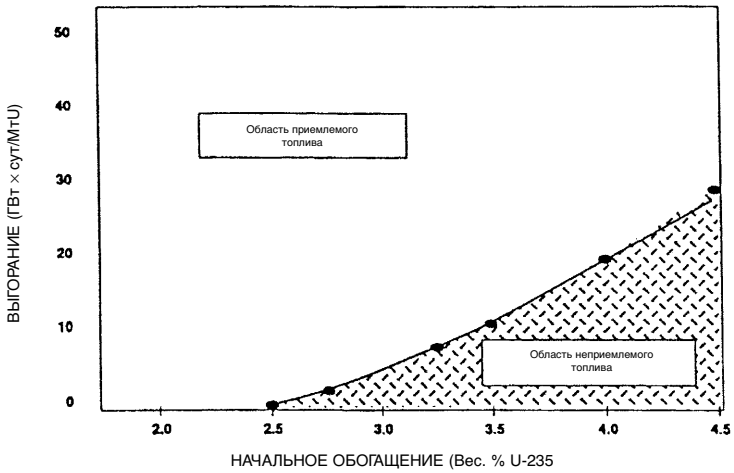


РИС. VII.2. Гипотетическая кривая загрузки

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Использование поглотителей нейтронов

VII.69. Традиционно материалы, поглощающие нейтроны, делятся на две категории: конструкционные материалы и поглотители нейтронов. Конструкционные материалы обычно гарантированно присутствуют в силу их функционального назначения. По этой причине аналитику следует гарантировать, что оценка выполнена для реальной конструкции, и что будущие модификации анализируются и поступают на рассмотрение на предмет выявления потенциальных проблем критичности. С другой стороны, фиксированные поглотители нейтронов добавляются преднамеренно специально для уменьшения нейтронной реактивности или ограничения нейтронной реактивности при ненормальных условиях. Главной проблемой при опоре на поглощение нейтронов в поглотителях (в противоположность опоре на поглощение в конструкционных материалах) является гарантирование их наличия. Поэтому всегда требуется особое внимание, чтобы обеспечить как их присутствие, так и правильное распределение в течение срока службы упаковки. Должны рассматриваться потенциальные физические, химические и коррозионные механизмы потери поглотителей. Потеря поглотителя непосредственно вследствие поглощения нейтронов (и превращения, таким образом, в изотоп, лишенный поглощающих свойств) практически невозможна потому, что сколько-нибудь измеримое истощение потребует миллионы лет нормальной эксплуатации вследствие крайне низких потоков в подкритичной системе.

VII.70. Если необходимы поглотители нейтронов, рекомендуется внедрять их насколько возможно внутрь обычных конструкционных материалов и подтверждать их наличие измерениями. Например, бор, зафиксированный в алюминиевой или стальной матрице, может использоваться как материал внутреннего контейнера (корзины) для снижения нейтронного взаимодействия между упаковками (при условии, что это приемлемо по отношению к структурным и термическим характеристикам), либо кадмий может быть нанесен на внутреннюю поверхность внутреннего контейнера. Однако, подтверждение (и, возможно, повторные подтверждения с некоторой периодичностью) того, что поглотитель, в самом деле, присутствует в предписанных количествах и с надлежащим распределением, является требованием (см. пункты 501 и 502), которое должно освещаться в ООБ.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

VII.71. Если подкритичность перевозки зависит от наличия поглощающих нейтроны материалов, являющихся неотъемлемой частью содержимого (например, отходы с делящимися материалами с известными поглотителями или управляющими стержнями в топливной сборке), задача доказательства, что материалы присутствуют при нормальных и аварийных условиях, является важной проблемой безопасности.

Предперевозоынче измерения

VII.72. Если оценка упаковки выполнена с учетом выгорания, требуется эксплуатационный административный контроль для установления того, что ОЯТ загружаемый в упаковку соответствует характеристикам, принятым при выполнении оценки безопасности. В пункте 674(b) требуется выполнение измерения, и целесообразно связать оценку с этим измерением. В оценке следует показать, что измерение адекватно поставленной цели, учитывая запасы по безопасности и вероятность ошибки; см. пункты 674.1–674.4. Методы измерения должны зависеть от вероятности ошибочной загрузки топлива и величины запаса до критичности вследствие облученности топлива.

VII.73. Пример гибкости методов измерений представляет французская практика, в которой в настоящее время используется простые измерения гамма-детектором при проверке нормы выгорания менее 5600 МВт·сутки/тU, но более прямые измерения для большего выгорания [VII.39]. Для этого второго варианта измерения во Франции полагаются на два прибора, проверяющих регистрацию выгорания в реакторе на основе активного и пассивного нейтронных измерений. В США измерительный прибор, похожий на французский, был продемонстрирован Эвингом [VII.40, VII.41] как практический метод определения, находится ли сборка в пределах «приемлемого диапазона» на рис. VII.2. Если осевой профиль выгорания идентифицируется как важная характеристика отработавшего ядерного топлива, на которую полагаются при выполнении анализа безопасности, то аналогичные измерительные приборы также могли бы использоваться, чтобы удостовериться, что этот профиль находится в установленных пределах.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ЛИТЕРАТУРА К ПРИЛОЖЕНИЮ VII

[VII.1] PRUVOST, N.L., PAXTON, H.C., Nuclear Criticality Safety Guide, Rep. LA-12808, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM (1996).

[VII.2] THOMAS, J.T., Ed., Nuclear Safety Guide TID-7016, Revision 2, Rep. NUREG/CR-0095 (ORNL/NUREG/CSD-6), US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (1978).

[VII.3] PAXTON, H.C., PRUVOST, N.L., Critical Dimensions of Systems Containing ^{235}U, ^{239}Pu, and ^{233}U, Rep. LA-10860-MS, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM (1987).

[VII.4] JAPAN ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE, Nuclear Criticality Safety Handbook (English Translation), JAERI-Review-95-013, JAERI, Tokyo (1995).

[VII.5] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, American National Standard for Nuclear Criticality Safety in Operations with Fissionable Materials Outside Reactors, ANSI/ANS-8.1-1983 (Reaffirmed 1988), American Nuclear Society, LaGrange Park, IL (1983).

[VII.6] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, American National Standard for Nuclear Criticality Control of Special Actinide Elements, ANSI/ANS-8.15-1981, American Nuclear Society, LaGrange Park, IL (1981).

[VII.7] LANDERS, N.F., PETRIE, L.M., "Uncertainties associated with the use of the KENO Monte Carlo criticality codes", Safety Margins in Criticality Safety (Int. Top. Mtg San Francisco, 1989), American Nuclear Society, LaGrange Park, IL (1989) 285.

[VII.8] FORSTER, R.A., et. al., "Analyses and visualization of MCNP criticality results", Nuclear Criticality Safety (ICNC'95) (Proc. Int. Conf. Albuquerque, 1995), Vol. 1, Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995) 6–160.

[VII.9] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Nuclear Energy — Fissile Materials — Principles of Criticality Safety in Storing, Handling, and Processing, ISO-1709, ISO, Geneva (1995).

[VII.10] LICHTENWALTER, J.J., BOWMAN, S.M., DEHART, M.D., Criticality Benchmark Guide for Light-Water-Reactor Fuel in Transportation and Storage Packages, Rep. NUREG/CR-6361 (ORNL/TM-13211), US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (1997).

[VII.11] PARKS, C.V., WRIGHT, R.W., JORDAN, W.C., Adequacy of the 123-Group Cross- Section Library for Criticality Analyses of Water-moderated Uranium Systems, Rep. NUREG/CR-6328 (ORNL/TM-12970), US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (1995).

[VII.12] PARKS, C.V., JORDAN, W.C., PETRIE, L.M., WRIGHT, R.Q., Use of metal/uranium mixtures to explore data uncertainties, Trans. Am. Nucl. Soc. **73** (1995) 217.

[VII.13] KOPONEN, B.L., WILCOX, T.P., HAMPEL, V.E., Nuclear Criticality Experiments From 1943 to 1978, an Annotated Bibliography: Vol. 1, Main Listing, Rep. UCRL-52769, Vol. 1, Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, CA (1979).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[VII.14] BIERMAN, S.R., Existing Experimental Criticality Data Applicable to Nuclear Fuel Transportation Systems, Rep. PNL-4118, Battelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, WA (1983).

[VII.15] ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments, Rep. NEA/NSC/DOC(95)03, Vols I–VI, OECD, Paris (1995).

[VII.16] DURST, B.M., BIERMAN, S.R., CLAYTON, E.D., Handbook of Critical Experiments Benchmarks, PNL-2700, Battelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, WA (1978).

[VII.17] ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, Standard Problem Exercise on Criticality Codes for Spent LWR Fuel Transport Containers, CSNI Rep. No. 71 (Restricted), OECD, Paris (May 1982).

[VII.18] ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, Standard Problem Exercise on Criticality Codes for Large Arrays of Packages of Fissile Materials, CSNI Rep. No. 78 (Restricted), OECD, Paris (August 1984).

[VII.19] JORDAN, W.C., LANDERS, N.F., PETRIE, L.M., Validation of KENO V.a — Comparison with Critical Experiments, Rep. ORNL/CSD/TM-238, Oak Ridge Natl Lab., Oak Ridge, TN (1994).

[VII.20] The 1991 International Conference on Nuclear Criticality Safety (ICNC'91) (Proc. Conf. Oxford, 1991), 3 Vols, Oxford, UK (1991).

[VII.21] The 1995 International Conference on Nuclear Criticality Safety (ICNC'95) (Proc. Conf. Albuquerque, 1995), 2 Vols, Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995).

[VII.22] DYER, H.R., PARKS, C.V., ODEGAARDEN, R.H., Recommendations for Preparing the Criticality Safety Evaluation of Transportation Packages, NUREG/CR-5661 (ORNL/TM-11936), US Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (1997).

[VII.23] BROADHEAD, B.L., DEHART, M.D., RYMAN, J.C., TANG, J.S., PARKS, C.V., Investigation of Nuclide Importance to Functional Requirements Related to Transport and Long-term Storage of LWR Spent Fuel, Rep. ORNL/TM-12742, Oak Ridge Natl Lab., Oak Ridge, TN (1995).

[VII.24] DEHART, M.D., Sensitivity and Parametric Evaluations of Significant Aspects of Burnup Credit for PWR Spent Fuel Packages, ORNL/TM-12973, Martin Marietta Energy Systems, Inc., Oak Ridge Natl Lab., Oak Ridge, TN (1996).

[VII.25] NAITO,Y., KUROSAWA, M., KANEKO, T., Data Book of the Isotopic Composition of Spent Fuel in Light Water Reactors, Rep. JAERI-M 94-034, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokyo (1994).

[VII.26] BIERMA, S.R., TALBERT, R.J., Benchmark Data for Validating Irradiated Fuel Compositions Used in Criticality Calculations, Rep. PNL-10045, Battelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, WA (1994).

[VII.27] KUROSAWA,M., NAITO,Y., KANEKO, T., "Isotopic composition of spent fuels for criticality safety evaluation and isotopic composition database (SFCOMPO)", Nuclear Criticality Safety, ICNC'95 (Proc. 5th Int. Conf. Albuquerque, 1995), Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995) 2.11–15.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

[VII.28] HERMANN, O.W., BOWMAN, S.M., BRADY, M.C., PARKS, C.V., Validation of the SCALE System for PWR Spent Fuel Isotopic Composition Analyses, Rep. ORNL/TM-12667, Oak Ridge Natl Lab., Oak Ridge, TN (1995).

[VII.29] MITAKE, S., SATO, O., YOSHIZAWA, N., "An analysis of PWR fuel post irradiation examination data for the burnup credit study", Nuclear Criticality Safety, ICNC'95 (Proc. 5th Int. Conf. Albuquerque, 1995), Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995) 5.18–25.

[VII.30] BOWMAN, S.M., DEHART, M.D., PARKS, C.V., Validation of SCALE-4 for burnup credit applications, Nucl. Technol. **110** (1995) 53.

[VII.31] GULLIFORD, J., HANLON, D., MURPHY, M., "Experimental validation of calculational methods and data for burnup credit", Nuclear Criticality Safety, ICNC'95 (Proc. 5th Int. Conf. Albuquerque, 1995), Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995).

[VII.32] SANTAMARINA, A., et al., "Experimental validation of burnup credit calculations by reactivity worth measurements in the MINERVE Reactor", ibid., pp. 1b.19–25.

[VII.33] ANNO, J., FOUILLAUD, P., GRIVOT, P., POULLOT, G., "Description and exploitation of benchmarks involving 149Sm, a fission product taking part in the burnup credit in spent fuels," ibid., pp. 5.10–17.

[VII.34] TAKANO, M., OKUNO, H., OECD/NEA Burnup Credit Criticality Benchmark, Result of Phase IIA, NEA/NSC/DOC(96)01, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokyo (1996).

[VII.35] TAKANO, M., OECD/NEA Burnup Credit Criticality Benchmark, Result of Phase-IA, Rep. NEA/NSC/DOC(93)22, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokyo (1994).

[VII.36] DEHART, M.D., BRADY, M.C., PARKS, C.V., OECD/NEA Burnup Credit Calculational Criticality Benchmark — Phase IB Results, Rep. NEA/NSC/DOC(96)-06 (ORNL-6901), Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (1996).

[VII.37] DEHART, M.D., PARKS, C.V., "Issues Related to Criticality Safety Analysis for Burnup Credit Applications", Nuclear Criticality Safety, ICNC'95 (Proc. 5th Int. Conf., Albuquerque, 1995), Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995) 1b.26–36.

[VII.38] BOWDEN, R.L., THORNE, P.R., STRAFFORD, P.I., "The methodology adopted by British Nuclear Fuels plc in claiming credit for reactor fuel burnup in criticality safety assessments", ibid., pp. 1b.3–10.

[VII.39] ZACHAR, M., PRETESACQUE, P., "Burnup credit in spent fuel transport to COGEMA La Hague reprocessing plant", Int. J. Radioact. Mater. Trans. 5 2–4 (1994) 273–278.

[VII.40] EWING, R.I., "Burnup verification measurements at US nuclear utilities using the Fork system", Nuclear Criticality Safety, ICNC'95 (Proc. 5th Int. Conf. Albuquerque, 1995), Univ. of New Mexico, Albuquerque, NM (1995) 11.64–70.

[VII.41] EWING, R.I., "Application of a Burnup Verification Meter to Actinide-only Burnup Credit for Spent PWR Fuel", Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 95 (Proc. 11th Int. Conf. Las Vegas, 1995), USDOE, Washington, DC (1995).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Alter, U.	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Germany
Baekelandt, L.	NIRAS/ONDRAF, Belgium
Blackman, D.J.	Department of Transport, United Kingdom
Blalock, L.	United States Department of Energy, United States of America
Bologna, L.	Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Italy
Boyle, R.A.	United States Department of Transportation, United States of America
Burbidge, G.	Nordion International, Canada
Carrington, C.	Amersham International plc, United Kingdom
Collin, F.W.	Bundesamt für Strahlenschutz, Germany
Cosack, M.	Bundesamt für Strahlenschutz, Germany
Cottens, E.	Ministry of Social Affairs, Public Health and Environment, Belgium
Cousinou, P.	Institut de Protection et de Surete Nucleaire, France
Critchley, M.	British Nuclear Fuels plc, United Kingdom
Desnoyers, B.	Cogema, France
Dicke, G.J.	International Atomic Energy Agency
Droste, B.	Bundesanstalt fur Materialforschung und -prufung, Germany
Duchacek, V.	State Office for Nuclear Safety, Czech Republic
Easton, E.	United States Nuclear Regulatory Commission, United States of America
El-Shinawy, R.	Egyptian Atomic Energy Authority, Egypt
Ершов В.Н.	Министерство по атомной энергии, Российская Федерация
Eyre, P.	Atomic Energy Control Board, Canada
Fasten, C.	Bundesamt fur Strahlenschutz, Germany

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Francois, P.	Institut de Protection et de Surete Nucleaire, France
Franco, P.	Consejo de Seguridad Nuclear, Spain
Golder, F.	Institute of Isotopes, Hungary
Goldfinch, E.P.	Nuclear Technology Publishing, United Kingdom
Gray, I.L.S.	U.K. NIREX Ltd, United Kingdom
Harding, P.	British Nuclear Fuels plc, United Kingdom
Haughney, C.J.	United States Nuclear Regulatory Commission, United States of America
Huggenberg, R.	Gesellschaft fur Nuklearbehalter mbH, Germany
Hughes, J.S.	National Radiological Prodection Board, United Kingdom
Hussein, A.R.Z.	Egyptian Atomic Energy Authority, Egypt
Ikezawa, Y.	Institute of Radiation Measurements, Japan
Iwasawa, N.	Nippon Nuclear Fuel Company Ltd., Japan
Izumi, Y.	Ministry of Transport, Japan
Johnson, R.	United Kingdom Atomic Energy Authority, United Kingdom
Jutle, K.	Council for Nuclear Safety, South Africa
Kafka, G.	Federal Ministry for Science, Transport and Art, Austria
Kervella, O.	United Nations Economic Commission for Europe
Krazniak, M.	Nordion International, Canada
Laumond, A.	Electricite de France, France
Levin, I.	Nuclear Research Center Negev, Israel
Lopez Vietri, J.	Ente Nacional Regulador Nuclear, Argentina
Mairs, J.H.	International Atomic Energy Agency
Malesys, P.	Transnucleaire, France
McCulloch, N. I	nternational Air Transport Association
McLellan, J.J.	Atomic Energy Control Board, Canada
Mezrahi, A.	Brazilian Nuclear Energy Commission, Brazil

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Mori, R.	Nippon Nuclear Fuel Development Company Ltd., Japan
Mountford-Smith, T.	Nuclear Safety Bureau, Australia
Nakahashi, T.	Международное агентство по атомной энергии
Niel, J.-C.	Institut de Protection et de Surete Nucleaire, France
Nitsche, F.	Bundesamt fur Strahlenschutz, Germany
Okuno, H.	Japan Atomic Energy Research Institute, Japan
Orsini, A.	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Italy
O'Sullivan, R.A.	Международное агентство по атомной энергии
Parks, C.V.	Oak Ridge National Laboratory, United States of America
Pawlak, A.	National Atomic Energy Agency, Poland
Pecover, C.J.	Department of Transport, United Kingdom
Pettersson, B.	Nuclear Power Inspectorate, Sweden
Pitie, C.	Cogema, France
Plourde, K.	Transport Canada, Canada
Pope, R.B.	Oak Ridge National Laboratory, United States of America; Международное агентство по атомной энергии
Rawl, R.R.	Oak Ridge National Laboratory, United States of America
Reculeau, J.-Y.	Institut de Protection et de Surete Nucleaire, France
Ridder, K.	Bundesministerium fur Verkehr, Germany
Rodel, R.	Bundesanstalt fur Materialforschung und -prufung, Germany
Rooney, K.	International Civil Aviation Organization
Saegusa, T.	Central Research Institute of Electric Power Industry, Japan
Sannen, H.	Transnubel, Belgium
Schuurman, W.	International Federation of Air Line Pilots'Associations
Selby, J.	Richards Bay Minerals, South Africa
Sert, G.	Institut de Protection et de Surete Nucleaire, France
Shaw, K.B.	National Radiological Protection Board, United Kingdom

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Shibata, K.	Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, Japan
Smith, L.	Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, Switzerland; Международное агентство по атомной энергии
Svahn, B.	Swedish Radiation Protection Institute, Sweden
Taylor, M.	Atomic Energy Control Board, Canada
Trivellon, S.	Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Italy
Tshuva, A.	Nuclear Research Center Negev, Israel
Usui, N.	Nuclear Safety Bureau Science and Technology Agency, Japan
van Gerwen, I.	Commission of the European Communities
van Halem, H.	Ministry of Housing and Physical Planning, Netherlands
Wang, J.	China Institute for Radiation Protection, China
Wangler, M.	United States Department of Energy, United States of America
Wiegel, G.	Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate, Switzerland
Wilson, C.K.	Department of Transport, United Kingdom
Wood, I.A.	Department of Transport, United Kingdom
Xavier, A.M.	Nuclear Energy Commission, Brazil
Yamasaki, T.	Ministry of Transport, Japan
Yasogawa, Y.	Nippon Kaiji Kentei Kayokai, Japan
Young, C.N.	Department of Transport, United Kingdom
Zamora, F.	Consejo de Seguridad Nuclear, Spain
Zeisler, P.	Bundesanstalt fur Materialforschung und -prufung, Germany

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

ОРГАНЫ ПО ОДОБРЕНИЮ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ

Комитет по нормам ядерной безопасности

Аргентина: Sajaroff, P.; *Бельгия:* Govaerts, P. (Chair); *Бразилия:* Salati de Almeida, I.P.; *Канада:* Malek, I.; *Китай:* Zhao, Y.; *Финляндия:* Reiman, L.; *Франция:* Saint Raymond, P.; *Германия:* Wendling, R.D.; *Индия:* Venkat Raj, V.; *Италия:* Del Nero, G.; *Япония:* Hirano, M.; *Республика Корея:* Lee, J.-I.; *Мексика:* Delgado Guardado, J.L.; *Нидерланды:* de Munk, P.; *Пакистан:* Hashimi, J.A.; *Российская Федерация:* Баклушин, Р.П.; *Испания:* Lequerica, I.; *Швеция:* Jende, E.; *Швейцария:* Aberli, W.; *Украина:* Миколайчук, О.; *Соединенное Королевство:* Hall, A.; *Соединенные Штаты Америки:* Murphy, J; *Европейская комиссия:* Gomez-Gomez, J.A.; *МАГАТЭ:* Hughes, P. (Координатор); *Международная организация по стандартизации:* d'Ardenne, W.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Royen, J.

Комитет по нормам радиационной безопасности

Аргентина: D'Amato, E.; *Австралия:* Mason, C.G. (Председатель); *Бразилия:* Correa da Silva Amaral, E.; *Канада:* Measures, M.P.; *Китай:* Ma, J.; *Куба:* Jova, L.; *Франция:* Piechowski, J.; *Германия:* Landfermann, H.-H.; *Индия:* Sharma, D.N.; *Ирландия:* Cunningham, J.D.; *Япония:* Okamato, K.; *Республика Корея:* Choi, H.-S.; *Российская Федерация:* Кутьков, В.А.; *ЮАР:* Olivier, J.H.I.; *Испания:* Butragueno, J.L.; *Швеция:* Godas, T.; *Швейцария:* Pfeiffer, H.-J.; *Соединенное Королевство:* Robinson, I.F.; *СоединенныеШтаты Америки:* Cool, D.A.; *МАГАТЭ:* Bilbao, A. (Координатор); *Европейская комиссия:* Kaiser, S.; *Продовольственная и сельскохозяйственная организация при ООН:* Boutrif, E.; *Международная комиссия по радиационной защите:* Valentin, J.; *Международное бюро труда:* Nui, S.; *Международная организация по стандартизации:* Piechowski, J.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Lazo, T.; *Всеамериканская организация здравоохранения:* Borras, C.; *Всемирная организация здравоохранения:* Souchkevitch, G.

Комитет по нормам безопасности перевозок

Аргентина: Lopez Vietri, J.; *Австралия:* Mountford-Smith, T.; *Бельгия:* Cottens, E.; *Бразилия:* Bruno, N.; *Канада:* Aly, A.M.; *Чили:* Basaez, H.; *Китай:* Pu, Y.; *Египет:* El-Shinawy, M.R.K.; *Франция:* Pertuis, V.; *Германия:* Collin, W.; *Венгрия:* Safar, J.; *Индия:* Nandakumar, A.N.; *Израиль:* Tshuva, A.; *Италия:* Trivelloni, S.; *Япония:* Tamura, Y.; *Нидерланды:* van Halem, H.;

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Польша: Pawlak, A.; *Российская Федерация:* Ершов, В.Н.; *ЮАР:* Jutle, K.; *Испания:* Zamora Martin, F.; *Швеция:* Pettersson, B.G.; *Швейцария:* Knecht, B.; *Турция:* Koksal, M.E.; *Соединенное Королевство:* Young, C.N. (Chair); *Соединенные Штаты Америки:* Roberts, A.I.; *МАГАТЭ:* Pope, R.; *Международная организация воздушного транспорта:* McCulloch, N.; *Международная организация гражданской авиации:* Rooney, K.; *Европейская комиссия:* Rossi, L.; *Международная морская организация:* Min, K.R.; *Международная организация по стандартизации:* Malesys, P.; *Международный институт ядерных перевозок:* Bjurstrom, S.

Комитет по безопасности отходов

Аргентина: Siraky, G.; *Австралия:* Cooper, M.B.; *Бельгия:* Baekelandt, L.; *Бразилия:* Schirmer, H.P.; *Канада:* Ferch, R.; *Китай:* Xianhua, F.; *Финляндия:* Rukola, E.; *Франция:* Brigaud, O.; *Германия:* von Dobschutz, P.; *Индия:* Gandhi, P.M.; *Израиль:* Stern, E.; *Япония:* Aoki, T.; *Республика Корея:* Suk, T.W.; *Нидерланды:* Selling, H.; *Российская Федерация:* Полуэктов, П.П.; ЮАР: Metcalf, P. (Председатель); *Испания:* Gil Lopez, E.; *Швеция:* Wingefors, S.; *Украина:* Богдан, Л.; *Соединенное Королевство:* Wilson, C.; *Соединенные Штаты Америки:* Wallo, A.; *МАГАТЭ:* Delattre, D. (Координатор); *Международная комиссия по радиационной защите:* Valentin, J.; *Международная организация по стандартизации:* Hutson, G.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Riotte, H.

Комиссия по нормам безопасности

Аргентина: D'Amato, E.; *Бразилия:* Caubit da Silva, A.; *Канада:* Bishop, A., Duncan, R.M.; *Китай:* Zhao, C.; *Франция:* Lacoste, A.-C., Gauvain, J.; *Германия:* Renneberg, W.,Wendling, R.D.; *Индия:* Sukhatme, S.P.; *Япония:* Suda, N.; *Республика Корея:* Kim, S.-J.; *Российская Федерация:* Вишневский, Ю.Г.; *Испания:* Martin Marquinez, A.; *Швеция:* Holm, L.-E.; *Швейцария:* Jeschki, W.; *Украина:* Смышляев, О.Ю.; *Соединенное Королевство:* Williams, L.G. (Председатель), Pape, R.; *Соединенные Штаты Америки:* Travers,W.D.; *МАГАТЭ:* Karbassioun, A. (Координатор); *Международная комиссия по радиационной защите:* Clarke, R.H.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Shimomura, K.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

(по номерам пунктов или приложений)

Значения ускорений (Acceleration values): Приложение V

Аварийные условия (Accident conditions): 106, 636, 671, 682, 726

Пределы активности (Activity limits): 201, 230, 401, 411, 815–817, Приложение I, Приложение II

A_1: 201, 401, 403–406, 408–410, 416, 820

A_2: 201, 226, 401, 403–406, 408–410, 416, 549, 601, 605, 656, 657, 669, 730, 820

Воздушные (перевозки) (Air (transport by)): 106, 416, 531, 576–578, 580, 617–621, 650, 652, 662, 680, 816, 817

Условия окружающей среды (Ambient conditions): 615, 617–619, 643, 651–653, 662, 664, 668, 676, 711, 728, 810, 831, 833

Основные нормы безопасности (Basic Safety Standards): 304

Хрупкое разрушение (Brittle fracture) : Приложение VI

Перевозчик (Carrier): 206, 311, 831

Категории упаковок (Categories of package): 533, 541, 543, 549, 573

Сертификат об утверждении (Certificate of approval): 416–418, 502, 544, 549, 561, 565, 676, 801, 804, 805, 828, 830–834

Компетентный орган (Competent authority): 104, 204, 205, 207–209, 238, 301, 304, 310–312, 510, 537, 538, 544, 549, 565, 575, 582, 603, 632, 638, 665, 667, 676, 711, 801, 802, 804, 805, 813, 815–819, 821, 825, 828, 830–834

Обеспечение соблюдения (Правил)(Compliance assurance): 208, 311

Система локализации (Confinement system): 209, 501, 678

Грузополучатель (Consignee): 221, 534, 581

Груз (Consignment: 204, 229, 236–238, 307, 309, 312, 401, 404, 505, 506, 529, 530, 546, 547, 549, 564, 566, 567, 570–572, 575, 576, 579, 580, 582, 672, 803, 824, 825, 831–833

Грузоотправитель (Consignor): 221, 229, 310, 311, 505, 534, 549, 561, 580, 801, 831–833

Защитная оболочка (система герметизации) (Containment): 104, 618, 651

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Система защитной оболочки (Система герметизации) (Containment system): 213, 228, 501, 502, 619, 630, 639, 640, 642, 643, 645, 648, 657, 660, 670, 677, 682, 714, 716, 724

Загрязнение (Contamination): 214–216, 241, 508–510, 513, 520, 523, 656, 669

Перевозочное средство (Conveyance): 104, 221, 223, 411, 510, 513, 514, 523, 525, 527, 566, 569, 606, 672, 831, 832

Система охлаждения (Cooling system): 577, 658

Критичность (Criticality): 104, 209, 566–569, 716, 820, 831–833, Приложение VII

Индекс безопасности по критичности (Criticality safety index): 218, 528–530, 544, 549, 566–569, 820, 831, 833

Таможенные операции (Customs): 581

Опасные грузы (Dangerous goods): 109, 506, 507, 562

Дезактивация (Decontamination): 513

Доза (Dose): Appendix II

Пределы дозы (Dose limits): 302

Мощности дозы (Dose rates): Appendix II

Аварийные (Emergency): 308, 309, 831–833

Порожний упаковочный комплект (Empty packaging): 520, 554

Освобожденная упаковка (Excepted package): 222, 226, 230, 408–410, 514–520, 535, 541, 546, 549, 554, 575, 620, 649, 671, 672, 709, 802, 812, 815, 828

Исключительное пользование (Exclusive use): 221, 505, 514, 523, 530–533, 540, 547, 549, 566, 567, 570–572, 574, 576, 652, 662

Уровни изъятия (Exemption values): 107, 226, 236, 401, 403–406

Делящийся материал (Fissile material): 209, 218, 222, 226, 230, 418, 501, 502, 507, 515, 528, 541, 545, 549, 568, 569, 629, 671–682, 716, 732, 733, 802, 812, 813, 816, 817, 820, 828, 831–833, Приложение VII

Грузовой контейнер (Freight container): 218, 221, 223, 231, 243, 509, 514, 526, 527, 541–543, 545–547, 549, 562, 566, 568–570, 573, 627, 831, 832

Газ (Gas): 242, 642, 649

Полураспад (Half-life): Приложение II

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Тепло (Heat): 104, 501, 565, 603, 651, 704, 728, 831–833

(Опознавательный знак) (Identification mark): 538, 549, 804, 828, 830–833

Промышленная упаковка (Industrial package): 230, 411, 521, 524, 525, 537, 621–628, 815, 828

Инсоляция (Insolation): 617, 654, 662, 728

Инспекция (Inspection): 301, 310, 311, 502, 581, 801

Контейнер средней грузоподъемности для массовых грузов (Intermediate bulk container): 231, 504, 509, 514, 628

Этикетка (Label): 520, 538, 539, 541–546, 554, 570, 573

Выщелачивание (Leaching): 226, 603, 704, 711

Утечка (Leakage): 510, 603, 619, 630, 632, 644, 648, 677, 680, 704, 711, 732, 733

Радиоактивный материал с низкой способностью к рассеянию (Low dispersible radioactive material): 225, 310, 311, 416, 502, 549, 605, 663, 701, 712, 802–804, 828, 830–833

Низкая удельная активность (Low specific activity): 226, 243, 411, 521, 523–526, 540, 543, 547, 549, 566, 571, 601, 626, 701

Обслуживание (Maintenance): 104, 106, 310, 311, 677, 832

Изготовление (Manufactory): 106, 310, 311, 677, 713, 816, 817, 831, 833

Маркировка (Marking): 507, 517, 518, 534, 540, 542

Масса (Mass): 240, 246, 418, 419, 536, 543, 549, 606, 608, 656, 672, 673, 682, 709, 722–724, 727, 735, 831, 833

Максимальное нормальное рабочее давление (Maximum normal operation pressure): 228, 660, 661, 668, 669

Многостороннее утверждение (Multilateral approval): 204, 312, 718, 803, 805, 812, 816, 817, 820, 824, 828, 834

N: 528, 681, 682

Нормальные условия (Normal conditions): 106, 651, 681, 719

Уведомление (Notification): 204, 819

Эксплуатационный контроль (Operational controls): 228, 577, 666, 810, 825, 831–833

Другие опасные свойства (Other dangerous properties): 507, 541

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Транспортный пакет (Overpack): 218, 229, 243, 509, 514, 526, 527, 530, 531, 533, 541–543, 545, 549, 562, 565–570, 572–574, 578

Конструкция упаковки (Package design): 416–418, 537–539, 544, 549, 676, 801, 805, 810, 812, 816, 817, 828, 833

Упаковочный комплект (Packaging): 104, 106, 209, 213, 226, 230, 231, 310, 311, 520, 534–538, 554, 580, 609, 613, 629, 637, 645, 651, 663, 675, 677, 678, 701, 718, 723, 815–817, 819, 831–833

Предупредительный знак (Placard): 546, 547, 570, 571

Почта (Post): 410, 515, 535, 579, 580

Давление (Pressure): 228, 231, 419, 501, 502, 619, 625, 631, 632, 639, 643, 644, 660, 661, 668, 669, 718, 729, 730

Сброс давления (Pressure relief): 231, 631, 644

Обеспечение качества (Quality assurance): 310, 803, 805, 813, 815–818, 830–833, Приложение IV

Радиационное облучение (Readiation exposure): 243, 307, 562, 581

Уровень излучения (Radiation level): 104, 233, 306, 411, 510, 513, 516, 517, 521, 526, 527, 530–533, 566, 572, 574, 578, 605, 622, 624, 625, 627, 628, 646, 656, 669

Радиационная защита (Radiation protection): 301, 575, 603, 711, 802, 820

Железнодорожный транспорт (rail (transport by)): 242, 531, 570, 571

Ответственность (Responsibility): 103, 311

Автомобильный транспорт (Road (transport by)): 242, 531, 570–573

Обычные условия (Routine conditions): 106, 215, 508, 518, 523, 566, 572, 612, 615, 625, 627, 679

Разделение (Segregation): 306, 307, 562, 568, Приложение III

Серийный номер (Serial number): 538, 816, 819

Защита (Shielding): 226, 231, 501, 523, 622, 624, 625, 627, 628, 646, 651, 656, 669, 716

Перевозка (Shipment): 204, 237, 501, 502, 549, 561, 572, 575, 674, 677, 802, 803, 820, 821, 824, 825, 828, 830–834

Транспортное (наименование) (Shipping): 535, 549

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Специальные условия (Special arrangement): 238, 312, 531, 533, 544, 549, 574, 578, 824, 825, 828, 831

Особый вид (Special form): 201, 239, 310, 311, 416, 502, 549, 602–604, 640, 656, 701, 704, 709, 802–804, 818, 828, 830–833

Удельная активность (Specific activity): 226, 240, Приложение II

Хранение (Storage): 562, 564, 568

Размещение (укладка) (Stowage): 229, 311, 564, 565, 575, 831–833, Приложение V

Объект с поверхностным радиоактивным загрязнением (Surface contaminated object): 241, 243, 411, 504, 514, 521, 523–526, 540, 543, 547, 549, 571

Резервуар (Tank): 231, 242, 504, 509, 514, 526, 541, 542, 546, 547, 570, 625, 626

Контейнер-бак (Tank container): 242

Автоцистерна (Tank vehicle): 242

Температура (Temperature): 228, 419, 502, 617, 637, 647, 652, 653, 662, 664, 668, 671, 675, 676, 709, 711, 728, 810, 831, 833

Испытания (Tests): 502, 603, 605, 622, 624, 627, 628, 646, 648, 649, 651, 655, 656, 660, 668, 669, 675, 677–682, 701, 702, 704, 709, 711–713, 716, 717, 719, 725–727, 732, 734, 803

Крепление (Tie-down): 231, 242, 636, Приложение V

Транспортные документы (Transport documents): 543, 549

Транспортный индекс (Transport index): 243, 526, 527, 530, 533, 543, 549, 566, 567

Упаковка типа A (Type A package): 230, 537, 634–640, 642–649, 725, 815, 828

Упаковка типа B(M) (Type B(M) package): 230, 416, 538, 576, 578, 665, 666, 730, 802, 810, 820, 828, 833

Упаковка типа B(U) (Type B(U) package): 230, 650–658, 660–664, 802, 828

Упаковка типа C (Type c package): 230, 417, 501, 502, 538, 539, 667–670, 730, 734–737, 802, 828

Незаполненный объем (Ullage): 419, 647

Одностороннее утверждение (Unilateral approval): 205, 502, 803, 805, 828

Номер ООН (United Nation number): 535, 546, 547, 549, 571

Неупакованный (Unpackaged): 223, 243, 517, 521, 523, 525, 526, 547, 571, 672

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-26.

Гексафторид урана (Uranium hexafluoride): 230, 419, 526, 629–632, 677, 718, 802, 805, 828

Транспортное средство (Vehicle): 242, 537, 570–574, 828

Сброс давления (Venting): 228, 231, 666, 820

Судно (Vessel): 531, 574, 575, 802, 820

Вода (Water): 106, 226, 525, 539, 601, 603, 605, 610, 657, 670, 671, 677, 678, 680–682, 711, 719–721, 726, 729, 730, 732, 733, 831, 833