

# СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Проектирование  
систем аварийного  
энергоснабжения  
атомных  
электростанций

## РУКОВОДСТВО

№ NS-G-1.8



**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
СИСТЕМ АВАРИЙНОГО  
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ  
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

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

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”.

Серия норм по безопасности, № NS-G-1.8

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
СИСТЕМ АВАРИЙНОГО  
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ  
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ  
РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА, 2008 ГОД

## **УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ**

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены в соответствии с положениями Всемирной конвенции об авторском праве в том виде, как она была принята в 1952 году (Берн) и пересмотрена в 1972 году (Париж). Впоследствии авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной и виртуальной форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, должно быть получено разрешение, которое обычно является предметом соглашений о роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом отдельном случае. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа продажи и рекламы  
Издательская секция  
Международное агентство по атомной энергии  
Wagramer Strasse 5  
P.O. Box 100  
1400 Vienna, Austria  
факс: +43 1 2600 29302  
тел.: +43 1 2600 22417  
эл. почта: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

© МАГАТЭ, 2008  
Напечатано МАГАТЭ в Австрии  
Апрель 2008

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВАРИЙНОГО  
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**  
МАГАТЭ, ВЕНА, 2008  
STI/PUB 1188  
ISBN 978-92-0-403208-6  
ISSN 1020-5845

## **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 консультативные органы: Консультативная комиссия по нормам безопасности (ККНБ); 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.

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 мирные применения ядерной энергии и радиоактивных материалов осуществлялись 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 правовых систем такое законодательство (включая правила) и другие нормы и меры, которые могут быть необходимы для эффективного выполнения всех взятых на себя международных обязательств.

## *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. Использование формулировки “следует” означает рекомендацию желательного варианта.*

*Официальным текстом является английский вариант.*



## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	1
	Общие сведения (1.1–1.5) .....	1
	Цель (1.6) .....	2
	Область применения (1.7–1.9) .....	2
	Структура (1.10–1.11) .....	3
2.	ОБЩИЕ ПРОЕКТНЫЕ ОСНОВЫ ДЛЯ САЭ .....	4
	Общие положения (2.1–2.5) .....	4
	Надежность, форма и компоновка (2.6–2.8) .....	6
	Критерий единичного отказа и отключения оборудования (2.9–2.10) .....	7
	Отказы по общей причине (2.11) .....	7
	Сочетания событий (2.12–2.13) .....	8
	Обесточивание станции (2.14–2.17) .....	8
3.	ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ .....	9
	Резервирование (3.1) .....	9
	Независимость (3.2–3.6) .....	10
	Неодинаковость (3.7) .....	11
	Средства управления и контроля (3.8–3.12) .....	11
	Идентификация (3.13) .....	12
	Мощность и ресурс (3.14) .....	12
	Общее использование отдельных элементов в случае многоблочных станций (3.15) .....	13
	Эксплуатационные пределы (3.16) .....	13
	Контроль доступа к САЭ (3.17) .....	14
4.	РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ (4.1–4.3) .....	14
	Конструкция и характеристики электрического оборудования САЭ (4.4–4.68) .....	15
	Конструкция и характеристики неэлектрического оборудования САЭ (4.69–4.92) .....	38

5.	ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ, ПРЕДУСМАТРИВАЕМЫЕ ДЛЯ ИНСПЕКЦИЙ, ИСПЫТАНИЙ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ САЭ (5.1–5.8) .....	44
6.	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПРАВИЛЬНОСТИ ПРОЕКТА .....	48
	Обеспечение качества (6.1–6.2) .....	48
	Аттестация (6.3–6.9) .....	48
	Проверка проекта (6.10–6.11) .....	50
	Документация (6.12) .....	50
	ДОПОЛНЕНИЕ: РУКОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЮ НА ПЛОЩАДКЕ И ЗА ЕЕ ПРЕДЕЛАМИ .....	52
	СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....	59
	ГЛОССАРИЙ .....	61
	СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ .....	65
	ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ .....	67

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство по безопасности было подготовлено в рамках программы МАГАТЭ по разработке норм безопасности для атомных электростанций. Основные требования по проектированию систем безопасности для атомных электростанций изложены в публикации по требованиям безопасности, Серия норм безопасности, № NS-R-1, «Безопасность атомных электростанций: проектирование» [1], которую оно дополняет. Настоящее Руководство по безопасности указывает, как следует выполнять эти требования при проектировании систем аварийного энергоснабжения (САЭ) для атомных электростанций.

1.2. Данная публикация является пересмотром предыдущего Руководства по безопасности, выпущенного в 1991 году в Серии изданий по безопасности, № 50-SG-D7 (Rev. 1), «Системы аварийного энергоснабжения атомных электростанций», и заменяет его. При пересмотре были учтены разработки в области проектирования САЭ атомных электростанций, появившиеся после опубликования в 1991 году предыдущего Руководства по безопасности, и включены рекомендации и руководящие материалы по неэлектрическим источникам энергии.

1.3. Энергоснабжение требуется для многих систем атомных электростанций с целью обеспечения выполнения определенных функций безопасности как в эксплуатационных состояниях, так и в аварийных условиях или после них. Это энергоснабжение может быть обеспечено за счет использования электроэнергии, сжатого газа, пара, от непосредственных приводных агрегатов (например, дизельных двигателей, которые непосредственно приводят в действие насосы) или от других источников. В зависимости от конструкции систем такие источники энергоснабжения могут использоваться по отдельности или в сочетании друг с другом.

1.4. САЭ, которые обеспечивают снабжение электрической и неэлектрической энергией системы, важные для безопасности, играют первостепенную роль в обеспечении безопасности атомных электростанций. Назначение САЭ состоит в обеспечении станции необходимым энергоснабжением во всех соответствующих условиях в пределах проектных основ так, чтобы станция могла оставаться в безопасном состоянии после постулируемых исходных событий, в частности во время отключения внешнего (энергосетевого)

электроснабжения. САЭ могут также быть эффективными при определенных условиях тяжелых аварий.

1.5. САЭ являются неотъемлемой частью систем безопасности и служат в качестве вспомогательных средств систем безопасности для целей подачи и распределения энергии к системам безопасности, а также к другим определенным узлам, важным для безопасности. Для выполнения функций безопасности, требуемых в случае различных постулируемых исходных событий, используются системы безопасности различного типа и в разной компоновке, а также с различным сочетанием применения резервирования и неодинаковости. Отсутствие надлежащего энергоснабжения с последующим невыполнением системами необходимых функций безопасности может привести к радиоактивным выбросам, превышающим разрешенные пределы.

## ЦЕЛЬ

1.6. Цель настоящего Руководства по безопасности состоит в подробном изложении требований по обеспечению надежности САЭ, как установлено в пунктах 6.88–6.89 документа [1]. Оно предназначается для использования лицами и организациями, занимающимися вопросами проектирования, эксплуатации, оценки и лицензирования САЭ, включая разработчиков проектов, специалистов по оценке безопасности, регулирующие органы и операторов (эксплуатирующие организации). Руководство по безопасности содержит рекомендации и руководящие материалы по мерам, которые необходимо принимать как на новых, так и на действующих АЭС, в целях выполнения требований, касающихся функций САЭ.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.7. Настоящее Руководство по безопасности применяется к атомным электростанциям, для которых система энергоснабжения в целом состоит из нормального энергоснабжения (подачи электроэнергии от высоковольтной энергосети или от генератора станции) и системы аварийного энергоснабжения (которая может состоять из системы электропитания или представлять собой комбинацию электрических и неэлектрических источников питания).

1.8. Руководство по безопасности содержит общие рекомендации и руководящие материалы для всех типов САЭ – электрических и

неэлектрических, а также конкретные руководящие материалы по требованиям безопасности, применяемым к конструкции и характеристикам электрического и неэлектрического оборудования систем аварийного энергоснабжения. Рекомендации и руководящие материалы касаются главным образом источников энергоснабжения, необходимых для питания силовых нагрузок, важных для безопасности.

1.9. Настоящее Руководство по безопасности также содержит руководящие материалы по источникам энергоснабжения для питания нагрузок, не важных для безопасности, которые могут получать энергию от САЭ.

## СТРУКТУРА

1.10. В разделе 2 рассматриваются общие проектные основы станции, а также вопросы, связанные с отключением всех источников энергоснабжения переменного тока (обесточиванием станции)<sup>1</sup> как сочетанием событий, которое может привести к тяжелому повреждению активной зоны. Раздел 3 содержит общие рекомендации по проектированию; детальные рекомендации по проектированию даны в разделе 4. Конкретные рекомендации для электрического оборудования САЭ приводятся в пунктах 4.4–4.68 и для неэлектрического оборудования (которое является по существу неэлектрическим источником энергии) изложены в пунктах 4.69–4.92. В разделе 5 указаны проектные решения для проведения инспекций, испытаний и технического обслуживания. Разделе 6 посвящен вопросам обеспечения качества, аттестации, проверки конструкции и документации.

1.11. В Дополнение включены общие руководящие материалы и вопросы, касающиеся энергосетей<sup>2</sup>, конфигураций систем, линий передачи, размещаемых на площадке электрических и неэлектрических источников энергоснабжения и альтернативных источников энергии, используемых для энергоснабжения САЭ с обеспечением высокого уровня надежности.

---

<sup>1</sup> Обесточивание станции – это полное отключение внешних источников переменного тока, электрогенератора станции и САЭ. Оно не включает отказ источников бесперебойного питания переменного тока или отказ альтернативных источников питания переменного тока.

<sup>2</sup> Термины «энергосеть» и «сеть» используются для обозначения оборудования электроэнергетической системы, обеспечивающего внешнее электроснабжение атомной электростанции. Линия передачи – это линия электропередачи, посредством которой станция подсоединяется к энергосети.

## 2. ОБЩИЕ ПРОЕКТНЫЕ ОСНОВЫ ДЛЯ САЭ

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Необходимо обеспечивать, чтобы САЭ были в состоянии подавать требуемое электропитание в любом эксплуатационном состоянии или при проектной аварии и чтобы обеспечивалась возможность проведения испытаний и проверок их работоспособности (см. [1], пункты 6.88, 6.89). САЭ следует проектировать в соответствии с требованиями<sup>3</sup> класса 1Е, и следует предусматривать, чтобы при указанных ниже обстоятельствах они были сейсмостойкими, чтобы обеспечивать:

- (а) *при ожидаемых при эксплуатации событиях*: энергопитание тех систем, работа которых необходима для удержания радиоактивных выбросов в разрешенных пределах. К ожидаемым при эксплуатации событиям относятся те события, которые главным образом и непосредственно влияют на электроэнергетические системы станции, например, это может быть отключение внешнего электроснабжения или отключение генераторов станции;
- (б) *в случае проектных аварий и некоторых тяжелых аварий*: энергопитание тех систем, работа которых необходима для удержания радиоактивных выбросов в разрешенных пределах в течение всего периода ликвидации аварии с учетом связанных с этим последствий отключения генераторов на станции и/или отключения внешнего электроснабжения в течение этого периода.

2.2. Для выполнения этих функции следует обеспечивать, чтобы САЭ осуществляли подачу питания ко всем системам безопасности, а также и к другим определенным узлам станции, важным для безопасности, как указано в [2].

---

<sup>3</sup> Требования класса 1Е: классификация безопасности для электрооборудования и систем, которые являются необходимыми для обеспечения аварийной остановки реактора, изоляции защитной оболочки (контейнмента), охлаждения активной зоны реактора и отвода тепла из защитной оболочки и реактора, или же являются необходимыми для предотвращения значительного выброса радиоактивного материала в окружающую среду.

2.3. Кроме того, питание от САЭ могут получать узлы, не являющиеся важными для безопасности (производственные нагрузки), при условии сохранения надежности САЭ и качества энергоснабжения.

2.4. Для проектирования САЭ следует разрабатывать и использовать ряд конкретных проектных основ. В них следует определять необходимые функциональные задачи, характеристики, цели эксплуатационных показателей, рабочие условия и условия окружающей среды, а также надежность. Следует учитывать положения, содержащиеся в документе [1]: пункты 5.4–5.8 по общим проектным основам; пункты 5.18 и 5.19 по характеристикам, имеющим отношение к площадке; и пункты 5.21–5.23 по проектным правилам и проектным пределам. Поскольку САЭ являются вспомогательным средством систем безопасности, то обычно применяются рекомендации раздела по проектным основам, содержащиеся в [2].

2.5. В проектных основах требуется определять необходимые потенциальные возможности станции функционировать в определенном диапазоне эксплуатационных состояний и проектных аварий в пределах установленных требований радиационной защиты (см. [1], пункт 5.4). В общие проектные основы для САЭ следует включать:

- (a) требования по мощности САЭ и их способности выполнять функции безопасности в течение требуемого периода времени;
- (b) параметры, которые следует контролировать в целях инициирования требуемых действий САЭ;
- (c) условия окружающей среды, в которых будут работать САЭ;
- (d) необходимую защиту от условий, которые могут вызвать нарушения в работе САЭ;
- (e) параметры, которые следует контролировать в целях проверки стабильности САЭ;
- (f) определение всех нагрузок, подключенных к САЭ, с разграничением важных и не важных для безопасности нагрузок, а также с определением их неэлектрических и электрических характеристик и требований;
- (g) определенный период времени, в течение которого САЭ должны подавать питание к нагрузкам с тем, чтобы они могли удовлетворять предъявляемым к ним функциональным требованиям;
- (h) требуемые рабочие характеристики всех элементов САЭ;
- (i) эксплуатационные условия источников энергоснабжения САЭ, включая условия, при которых допускается подключение, отключение и остановка источников энергоснабжения;

- (j) требования к техническому обслуживанию и испытаниям различных элементов САЭ в целях обеспечения соблюдения эксплуатационных пределов и условий;
- (k) рассмотрение человеческих факторов;
- (l) цели эксплуатационной готовности;
- (m) цели надежности.

## НАДЕЖНОСТЬ, ФОРМА И КОМПОНОВКА

2.6. Управление проектированием АЭС должно обеспечивать, чтобы конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, имели соответствующие характеристики, спецификации и состав материала с таким расчетом, чтобы могли осуществляться функции безопасности и станцию можно было безопасно эксплуатировать с необходимой надежностью в течение всего проектного срока службы (см. [1], пункт 3.2). САЭ следует проектировать таким образом, чтобы они имели высокую функциональную надежность и обеспечивали возможность проведения испытаний, а также были способны выполнять заданные им функции безопасности. Следует обеспечивать, чтобы проектные требования, предъявляемые к САЭ, их форма и компоновка соответствовали всем требованиям, предъявляемым к системам безопасности, которые они обеспечивают питанием.

2.7. В целях проектирования, направленного на обеспечение оптимальной работы оператора, применяются положения пунктов 5.48–5.56 документа [1]. Дополнительные рекомендации и руководящие материалы содержатся в [2]. При проектировании САЭ следует обеспечивать соблюдение международных норм (таких, как настоящее Руководство по безопасности) и национальных стандартов (см. [1], пункты 3.6, 5.21) с целью применения передовых концепций учета человеческих факторов.

2.8. При определении необходимого резервирования, которое будет предусматриваться в САЭ, следует учитывать соображения, касающиеся проектирования, изложенные в Дополнении, а также частоту возникновения постулируемых исходных событий, во время которых САЭ должны выполнять свои функции. В некоторых государствах степень необходимого резервирования устанавливается на основе вероятностного подхода. Как минимум САЭ требуется проектировать с таким расчетом, чтобы они удовлетворяли критерию единичного отказа (см. пункты 2.9–2.10).

## КРИТЕРИЙ ЕДИНИЧНОГО ОТКАЗА И ОТКЛЮЧЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

2.9. Пункты 5.34-5.39 и 6.88-6.89 документа [1] устанавливают требования, касающиеся применения критерия единичного отказа в отношении САЭ. В пункте 5.42 документа [1] устанавливается связь между проектными и эксплуатационными требованиями для таких случаев, как отключения оборудования для проведения испытаний, ремонта и технического обслуживания.<sup>4</sup>

2.10. При применении к САЭ критерия единичного отказа принимается допущение, что в любой данный момент времени может произойти только один отказ. Это означает, например, что в случае, когда в одних частях САЭ применяется электроэнергия, а в других – пар, необходимо исходить из допущения о возникновении только одного отказа и сопровождающих его отказов во всех частях САЭ (электрических и паровых) в любой данный момент времени<sup>5</sup>.

## ОТКАЗЫ ПО ОБЩЕЙ ПРИЧИНЕ

2.11. При проектировании, проведении технического обслуживания, испытаний и эксплуатации САЭ следует учитывать возможность возникновения отказов по общей причине, в результате которых САЭ не сможет выполнять, когда это требуется, заданные им функции безопасности. Принципы неодинаковости и независимости (физическое и функциональное разделение) следует применять для защиты от возможных отказов по общей причине, возникающих непосредственно в оборудовании системы безопасности, либо в результате деятельности человека (например, при эксплуатации и техническом обслуживании). Использование принципов независимости помогает обеспечивать такое положение, при котором общая неготовность системы не определяется отказами по общей причине. Вместе с тем следует также учитывать возможность возникновения других отказов по общей причине, которые могут затрагивать принципы неодинаковости и независимости

---

<sup>4</sup> В случае такого применения критерия единичного отказа для САЭ в некоторых государствах предполагается, что период проведения работ по техническому обслуживанию одной из секций оборудования САЭ и единичный отказ могут совпасть, когда возникновение ПИС требует работы САЭ.

<sup>5</sup> Дополнительные рекомендации и руководящие материалы по применению критерия единичного отказа и действиям в случае отказов по общей причине приводятся в [3].

(например, ухудшение качества дизельного топлива (см. пункт 4.92)). В пунктах II.8–II.10 документа [1] объясняется использование принципа неодинаковости в данном контексте.

## СОЧЕТАНИЯ СОБЫТИЙ

2.12. В пунктах 5.20, 5.31 и I.14–I.18 документа [1] определяются основы и требования в отношении учета тяжелых аварий и сочетаний событий при проектировании атомных электростанций.

2.13. Если вероятность возникновения сочетания событий или многократных отказов необходимо учитывать в общих проектных основах, то следует предусматривать надлежащую защиту от этих событий и отказов. В отношении САЭ следует учитывать вероятность отказов по общей причине после отключения внешнего электроснабжения. В результате принятия консервативных детерминированных допущений или проведения вероятностного анализа безопасности может возникать необходимость включения в состав САЭ независимого источника питания (дополнительного источника переменного тока) для решения проблемы, связанной с данным возможным событием. Возможное повреждение (разрушение) активной зоны, которое в некоторых конструкциях станций может стать результатом полной потери питания от источников переменного тока (обесточивания станции), является примером того, когда такую вероятность следует учитывать. Такой независимый источник питания может быть предназначен только для обеспечения важнейшей функции безопасности.

## ОБЕСТОЧИВАНИЕ СТАНЦИИ

2.14. В отношении соображений, связанных с тяжелыми авариями, которые изложены в пункте 5.31 документа [1], анализ может показать, что в зависимости от проекта станции и рассматриваемого периода времени обесточивание станции способно привести к тяжелому повреждению активной зоны. Даже при высоком уровне надежности внешнего электроснабжения и конструкций САЭ следует принимать во внимание возможность обесточивания станции в качестве консервативного проектного допущения.

2.15. Следует проводить анализ поведения станции в рамках данного допущения для определения ожидаемого периода времени после обесточивания

станции, в течение которого критическое состояние системы охлаждения активной зоны не будет достигнуто.

2.16. Можно применять ряд проектных решений в качестве средства повышения способности САЭ противостоять ситуации, связанной с обесточиванием станции, если вероятность такого обесточивания оправдывает их осуществление. Эти решения включают, например, повышение емкости аккумуляторных батарей, используемых для подачи питания на приборы обеспечения безопасности и контрольно-измерительную аппаратуру, а также на другое оборудование, выполняющее важнейшие функции, или применение альтернативных источников переменного тока. В случае многоблочных станций этот альтернативный источник переменного тока может использоваться совместно (см. пункт 3.15, посвященный совместному использованию элементов в случае многоблочных станций).

2.17. Следует разрабатывать процедуры для обеспечения способности противостоять обесточиванию станции и для восстановления нормальных условий.

### **3. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

#### **РЕЗЕРВИРОВАНИЕ**

3.1. САЭ следует разделять на независимые резервные секции или компоненты (см. [1], Дополнение II). Следует обеспечивать, чтобы предусматриваемое резервирование соответствовало резервированию тех систем безопасности, питание которых они обеспечивают. Следует обеспечивать, чтобы каждая секция обладала необходимой надежностью, которая позволяет питающимся от нее системам выполнять заданные им функции безопасности. При выборе уровня резервирования следует также учитывать любое увеличение неготовности САЭ в результате отключения оборудования для проведения технического обслуживания и испытаний.

## НЕЗАВИСИМОСТЬ

3.2. В соответствии с принципом независимости следует обеспечивать защиту секций САЭ посредством физического разделения, а также следует предусматривать их функциональное разделение (электрически или иным способом) друг от друга (см. [1], Дополнение II). Физическое разделение цепей и оборудования следует обеспечивать за счет использования соответствующих конструкций, дистанционирования, а также барьеров или сочетания этих способов в зависимости от необходимости защиты от всех постулируемых исходных событий, учитываемых в проектных основах (например, пожаров, химических взрывов, падения летательных аппаратов или ударов летящих предметов). Функциональное разделение секций следует обеспечивать путем предотвращения отказа в одной из секций, приводящего к неготовности или отказам в другой секции. Дополнительные рекомендации и руководящие материалы по этому вопросу приводятся в [3].

3.3. Оборудование и цепи, требующие независимого функционирования, следует определять и разграничивать на ранней стадии проектирования станции, а также их следует четко указывать в документах и обозначать на чертежах для облегчения их идентификации (см. [1], Дополнение II).

3.4. Следует обеспечивать, чтобы функциональный отказ вспомогательных средств систем безопасности не ставил под угрозу независимость цепей или оборудования систем безопасности. Например, такое вспомогательное средство систем безопасности, как общеобменная вентиляция, следует предусматривать для той же самой секции САЭ, к которой относится система безопасности, обслуживающая это средство, с тем чтобы потеря механической функции в одной секции не приводила к потере электрической функции в другой секции.

3.5. Следует предусматривать, чтобы системы, не относящиеся к системам безопасности, которые получают питание от САЭ, автоматически отключались при поступлении аварийного сигнала, либо подключались к САЭ с помощью оборудования, имеющего соответствующий класс безопасности, а также следует обеспечивать, чтобы они не могли снижать функциональную независимость или надежность САЭ до состояния, которое будет ниже уровня, требуемого для выполнения САЭ заданных им функции безопасности.

3.6. Одним из путей достижения независимости является использование специализированных источников энергоснабжения для отдельных компонентов систем безопасности, если они также спроектированы с надлежащим физическим разделением или защитой.

## НЕОДИНАКОВСТЬ

3.7. В пунктах II.8–II.10 документа [1] объясняется использование принципа неодинаковости. Если для обеспечения аварийного энергоснабжения в качестве решения на основе применения принципа неодинаковости используется неодинаковая неэлектрическая система, то для этой системы в определенной степени будет также требоваться электропитание. Это может быть достигнуто либо посредством использования специализированных источников питания, либо путем подачи энергии от источников бесперебойного питания.

## СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

3.8. Для осуществления контроля и управления САЭ из помещения щита управления необходимо обеспечивать наличие достаточного количества контрольно-измерительных приборов и средств управления (см. [1], пункты 6.68–6.75). Это оборудование следует подбирать с учетом его способности функционировать в эксплуатационных состояниях, в условиях проектных аварий и в случае некоторых тяжелых аварий. В процесс проектирования необходимо включать систематический анализ человеческих факторов и взаимодействия человек-машина с целью обеспечения надлежащего и четкого разграничения функций между эксплуатационным персоналом и предусматриваемыми автоматическими системами (см. [1], пункт 5.50). В целях снижения вероятности ошибок операторов при проектировании контрольно-измерительных приборов и средств управления следует применять передовые решения, учитывающие человеческий фактор.

3.9. Контрольно-измерительные приборы и средства управления, требующиеся для выполнения САЭ заданных им функций безопасности, считаются частью САЭ и классифицируются как оборудование, обеспечивающее безопасность. Рекомендации и руководящие материалы по этому оборудованию приводятся в [2].

3.10. Пункт 6.75 документа [1] требует: “Предпочтительно в одном помещении (помещении дополнительного щита управления), физически и электрически отделенном от основного помещения щита управления, должно быть также размещено достаточное количество контрольно-измерительных приборов и оборудования для управления, с тем чтобы можно было остановить реактор и поддерживать его в этом состоянии, отводить остаточное тепло и контролировать важнейшие параметры станции, если будет потеряна возможность осуществлять эти важнейшие функции безопасности из

помещения основного щита управления”. Для этой цели следует проводить анализ с тем, чтобы определить, какие функции САЭ следует контролировать и приводить в действие из помещения резервного щита управления для обеспечения возможности дальнейшего выполнения необходимых определенных функций безопасности. Следует обеспечивать соблюдение соответствующих рекомендаций, изложенных в [2].

3.11. В помещении основного щита управления и помещении резервного щита управления станции следует предусматривать отображение информации об эксплуатационном состоянии САЭ и о средствах управления этими системами в достаточном для контроля состояния САЭ объеме. В проекте следует предусматривать системы аварийной сигнализации и оповещения, связанные с САЭ, в целях эффективного и безошибочного обнаружения отказов, их диагностики и принятия мер операторами.

3.12. Подлежащие контролю компоненты и параметры, а также методы и оборудование, выбранные для получения и представления информации об эксплуатационном состоянии САЭ, будут зависеть от конкретной станции и конструкции ее САЭ, и их следует определять соответствующим образом.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ

3.13. Оборудование систем безопасности и схемы ее соединения следует соответствующим образом идентифицировать (например, путем прикрепления бирок или цветового кодирования), для того чтобы можно было отличать эти системы безопасности от других систем станции. Кроме того, в составе самой системы безопасности следует соответствующим образом идентифицировать резервные компоненты в целях уменьшения вероятности случайного выполнения работ по техническому обслуживанию, испытаниям, ремонту или калибровке на неправильно выбранной секции. Следует обеспечивать, чтобы такая идентификация не требовала использования чертежей, руководств или других справочных материалов. Для элементов или модулей, вмонтированных в оборудование или узлы, которые четко обозначены в качестве единственного резервного элемента системы безопасности, идентификация не требуется.

## МОЩНОСТЬ И РЕСУРС

3.14. Следует обеспечивать, чтобы САЭ имели достаточные мощность и ресурс для успешного выполнения заданных им функций безопасности в случае

единичного отказа. Мощность и ресурс следует определять на основе анализа и проверять с помощью испытаний. При проведении этих испытаний следует учитывать воздействие всех постоянных и случайных нагрузок (например, нагрузок, возникающих под действием температуры или давления), а также переключаемых и переходных максимальных нагрузок, включая последовательность подсоединения нагрузок и продолжительность питания каждой нагрузки. Нагрузки, не важные для безопасности, которые автоматически не отключаются, когда САЭ должны обеспечивать питание в случае возникновения постулируемых исходных событий, следует считать подключенными и учитывать при расчете общей нагрузки.

## ОБЩЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛУЧАЕ МНОГООБЛОЧНЫХ СТАНЦИЙ

3.15. Следует обеспечивать, чтобы каждый энергоблок многоблочной электростанции имел отдельные и независимые САЭ. В исключительных случаях для отдельных частей САЭ может предусматриваться их общее использование. В этих редких случаях следует подтверждать, что требования безопасности, предъявляемые к каждому энергоблоку в отдельности и ко всем энергоблокам вместе, удовлетворяются. Следует учитывать потенциальные отказы по общей причине и возможность того, что одни или несколько энергоблоков будут остановлены во время проведения технического обслуживания общих частей САЭ. Следует обеспечивать, чтобы суммарные мощность и ресурс общих частей и частей, которые предназначены для индивидуального обслуживания каждого из этих энергоблоков, были как минимум достаточными для того, чтобы справиться как с самым серьезным постулируемым исходным событием, которое может оказать воздействие на одни или несколько энергоблоков, так и с одновременно упорядоченной остановкой и отводом тепла из не подвергнувшихся воздействию энергоблоков.

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРЕДЕЛЫ

3.16. Следует определять параметры САЭ, включая пределы эксплуатационной готовности, рассчитанные на основе анализа проекта, которые имеют отношение к безопасной эксплуатации станции в эксплуатационных состояниях и в условиях проектных аварий, и эти параметры следует использовать при установлении эксплуатационных пределов станции. Рекомендации и руководящие материалы по эксплуатационным пределам и условиям для атомных электростанций приводятся в [4].

## КОНТРОЛЬ ДОСТУПА К САЭ

3.17. Необходимо принимать меры для предотвращения любого несанкционированного доступа к конструкциям, системам и элементам, важным для безопасности, а также любого вмешательства в их функционирование (см. [1], пункт 5.65). Доступ к оборудованию САЭ и вспомогательным системам следует ограничивать с учетом необходимости предотвращения несанкционированного доступа, возможных ошибок со стороны имеющего соответствующий доступ персонала, а также возможной необходимости немедленного доступа в случае аварийной ситуации. В применяемые методы следует включать сочетания мер физической безопасности (например, запираемые ограждения, помещения, аварийная сигнализация и телефонная связь) и административных мер с учетом степени, в которой ведется наблюдение за оборудованием, и его удаленности.

## 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ

4.1. В данном разделе приводятся рекомендации по проектированию и применению необходимых конструктивных элементов САЭ и развиваются рекомендации предыдущих разделов. Для выполнения заданных функций безопасности САЭ могут осуществлять подачу энергии в виде сжатого газа, воды, пара, электроэнергии или в другой форме в зависимости от конструкции системы, которую они обслуживают.

4.2. Кроме рекомендаций по проектированию САЭ данный раздел также содержит руководящие материалы по некоторым другим элементам станции, взаимосвязанным с САЭ. В частности, приводятся руководящие материалы по нагрузкам, не важным для безопасности, и по средствам управления, отказ которых может влиять на правильное функционирование САЭ.

4.3. В электрическое оборудование САЭ входят элементы и системы, необходимые для выработки и преобразования электроэнергии, а также ее распределения и подачи к тем системам безопасности, которым такая энергия требуется. Могут также подключаться некоторые другие электрические нагрузки при условии соблюдения соответствующих правил, изложенные в пунктах 4.44–4.45. Ниже приводятся рекомендации по проектированию

электрического оборудования САЭ. Рекомендации по неэлектрическому оборудованию САЭ изложены в пунктах 4.69–4.92.

## КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ САЭ

4.4. САЭ могут получать питание от системы нормального энергоснабжения или (необязательно) от альтернативных источников энергоснабжения, размещенных на площадке (см. рис. 1). Границы САЭ проходят: а) по входным клеммам автоматических выключателей, используемых для соединения САЭ с источниками нормального и альтернативного энергоснабжения, б) по входным клеммам нагрузок системы безопасности и с) по нагрузочной стороне разъединительных устройств не относящихся к системам безопасности нагрузкам, которые получают электропитание от САЭ. Сюда могут быть также включены узлы, не относящиеся к системе безопасности (в том числе как важные для безопасности, так и не важные для безопасности). Руководящие материалы по источникам энергоснабжения, расположенным на площадке и за ее пределами, приводятся в Дополнении.

4.5. Электрическое оборудование САЭ в соответствии с различными энергетическими потребностями нагрузок подразделяется, как правило, на три типа электрических систем, перечисленных ниже:

- 1) система переменного тока, потребители которой допускают некоторый перерыв в подаче электропитания. Обычно система питания переменного тока САЭ запитывается от энергосистемы, которая, согласно анализу безопасности, имеет ограниченный ресурс. При потере питания от этого источника включается и ставится под нагрузку резервная система электропитания с соблюдением заданной временной последовательности;
- 2) система постоянного тока, которая обеспечивает бесперебойное питание потребителей постоянным током от аккумуляторной батареи. Такая система постоянного тока имеет зарядный агрегат, подключенный к системе переменного тока САЭ;

- 3) система бесперебойного питания переменным током<sup>6</sup> потребителей, которая запитывается от системы постоянного тока САЭ через преобразователи и также подключена к системе переменного тока САЭ.
- 4.6. Пример одной секции САЭ приведен на рис. 1 На рис. 2 показана примерная схема системы энергоснабжения, которая подсоединяет к САЭ нормальные и альтернативные источники питания. Рис. 3 и 4 иллюстрируют возможные схемы сопряжения неэлектрического и электрического оборудования САЭ. На рис. 5 представлен пример неэлектрических САЭ.

### **Система переменного тока САЭ**

- 4.7. Следует предусматривать, чтобы система переменного тока обеспечивала подачу переменного тока к подсоединенным нагрузкам в эксплуатационных состояниях, в условиях проектных аварий и в случае некоторых тяжелых аварий. Систему переменного тока следует разделять на резервные секции в соответствии с пунктами 3.1 и 4.37. В каждой секции следует предусматривать соединение с источником нормального питания, с альтернативным источником энергоснабжения на площадке (если таковой имеется), резервный источник электропитания и распределительную систему и ее групповые цепи до клемм нагрузок, связанных с системами безопасности (но не включая эти нагрузки).
- 4.8. Для подачи переменного тока к САЭ в качестве предпочтительного метода следует использовать источник нормального питания. Могут использоваться также альтернативные источники питания. В проектные основы САЭ следует включать мощность, ресурс, надежность, готовность и электрические характеристики этих источников энергоснабжения.
- 4.9. Резервные источники питания не следует использовать для питания САЭ на постоянной основе, так как долгосрочное использование таких источников может привести к снижению их надежности и повышению частоты проведения технического обслуживания, а также к увеличению времени простоя, что может оказаться несовместимым с требованиями эксплуатационной готовности.

---

<sup>6</sup> В системе бесперебойного энергопитания могут допускаться отклонения выходных параметров, такие, как провалы напряжения или сбой частоты при условии, что такие отклонения не приводят к потере возможности выполнения требующихся функций оборудованием, обслуживаемым этой системой, или не вызывают нежелательного срабатывания этого оборудования.

4.10. Следует выявлять возможные отклонения параметров нормального питания на каждой шине САЭ (т.е. повышенное или пониженное напряжение, повышенную или пониженную частоту) системы питания переменного тока САЭ. Следует обеспечивать, чтобы неисправная шина автоматически отключалась от источника ее питания, если отклонение превышает уровни, определенные в проектных требованиях. Следует предусматривать, чтобы после отключения данная шина автоматически подключалась непосредственно к а) альтернативному источнику питания или б) резервному источнику электропитания, предусмотренному для этой секции САЭ, с соблюдением этой последовательности.

4.11. В тех случаях, когда подача питания на шину САЭ осуществляется от резервного источника питания, следует обеспечивать, чтобы эта шина автоматически отключалась от вспомогательной системы электропитания станции<sup>7</sup>. Это требуется для предотвращения подачи питания от резервного источника САЭ к большому числу других мощных нагрузок, подсоединенных к распределительной системе нормального энергоснабжения станции. Использование резервного источника питания следует ограничивать периодом времени, необходимым для восстановления подачи энергии от нормального или альтернативного источника энергоснабжения, а также временем, в течение которого перевод питания может быть надежно осуществлен.

4.12. Если альтернативный источник на площадке включается для подачи питания на шину САЭ, следует обеспечивать, чтобы эта шина вручную или автоматически отключалась от вспомогательной системы электропитания станции.

4.13. В тех случаях, когда функция подачи питания передается от резервных источников питания к нормальным или альтернативным источникам энергоснабжения, или от альтернативных источников к источникам нормального питания, следует обеспечивать, чтобы перевод питания осуществлялся в такой последовательности, при которой одновременно используется только одна секция САЭ. Перевод питания с целью восстановления энергоснабжения от источника нормального питания следует производить переключением вручную.

---

<sup>7</sup> Вспомогательная система электропитания – это система, предназначенная для распределения и подачи электроэнергии, поступающей от генератора станции, линий передачи или других источников внешнего электроснабжения, к электрическим нагрузкам (важным для безопасности и не важным для безопасности).

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА РИСУНКАХ



Генератор



Трансформатор



Разъединительное устройство с клеммами  
(автоматический выключатель)



Съемная перемычка



Преобразователь переменного тока в постоянный



Преобразователь постоянного тока в переменный



Аккумуляторная батарея



Нагрузка системы безопасности с входными клеммами



Нагрузка, не относящаяся к системе безопасности,  
с входными клеммами



Электродвигатель



Насос



Граница САЭ

4.14. Если достаточная надежность не достигается с помощью каких-либо других средств, то систему защиты следует проектировать с таким расчетом, чтобы имелась возможность проведения периодических проверок ее

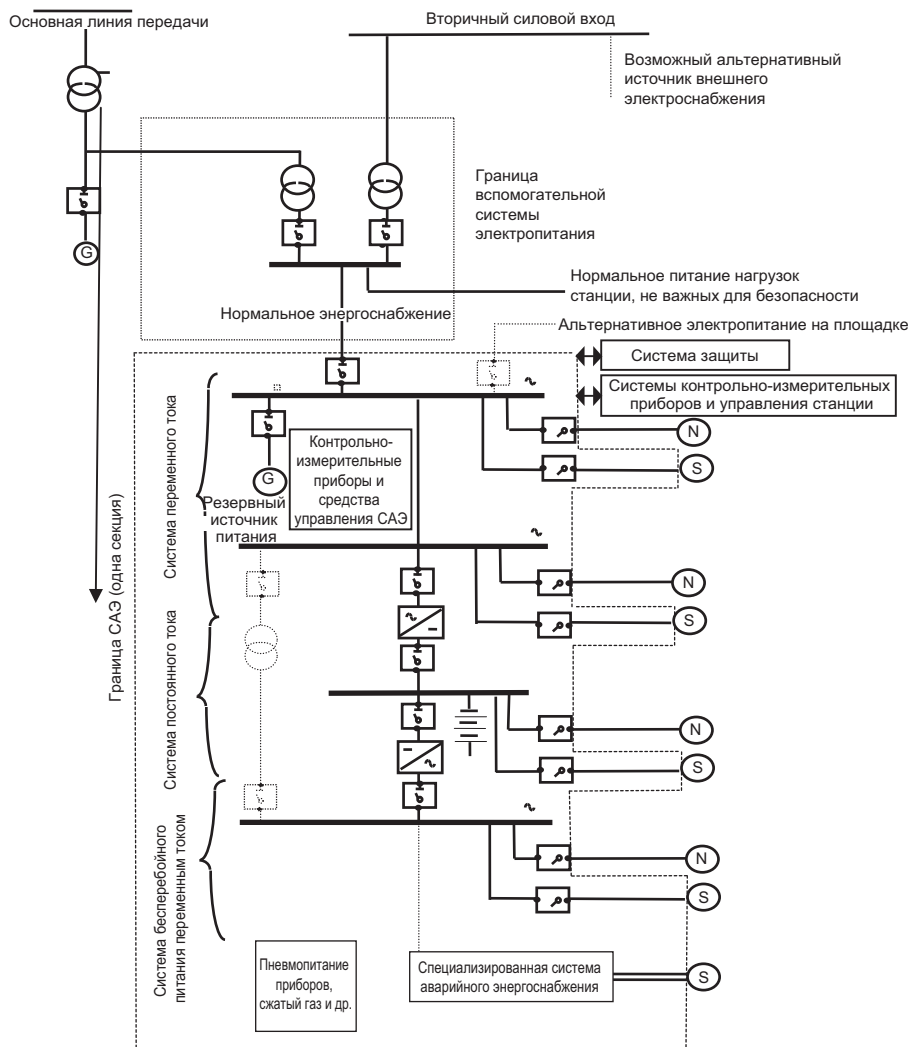


РИС. 1. Схема различных частей систем энергоснабжения станции, описанных в настоящем Руководстве по безопасности, вместе с их границами.

функционирования, когда реактор находится в эксплуатации, в том числе и возможность независимой проверки каналов для выявления возможных отказов и утраты резервирования (см. [1], пункты 6.81-6.83). Предпочтительный подход при проектировании состоит в том, чтобы в каждой секции имелся только один

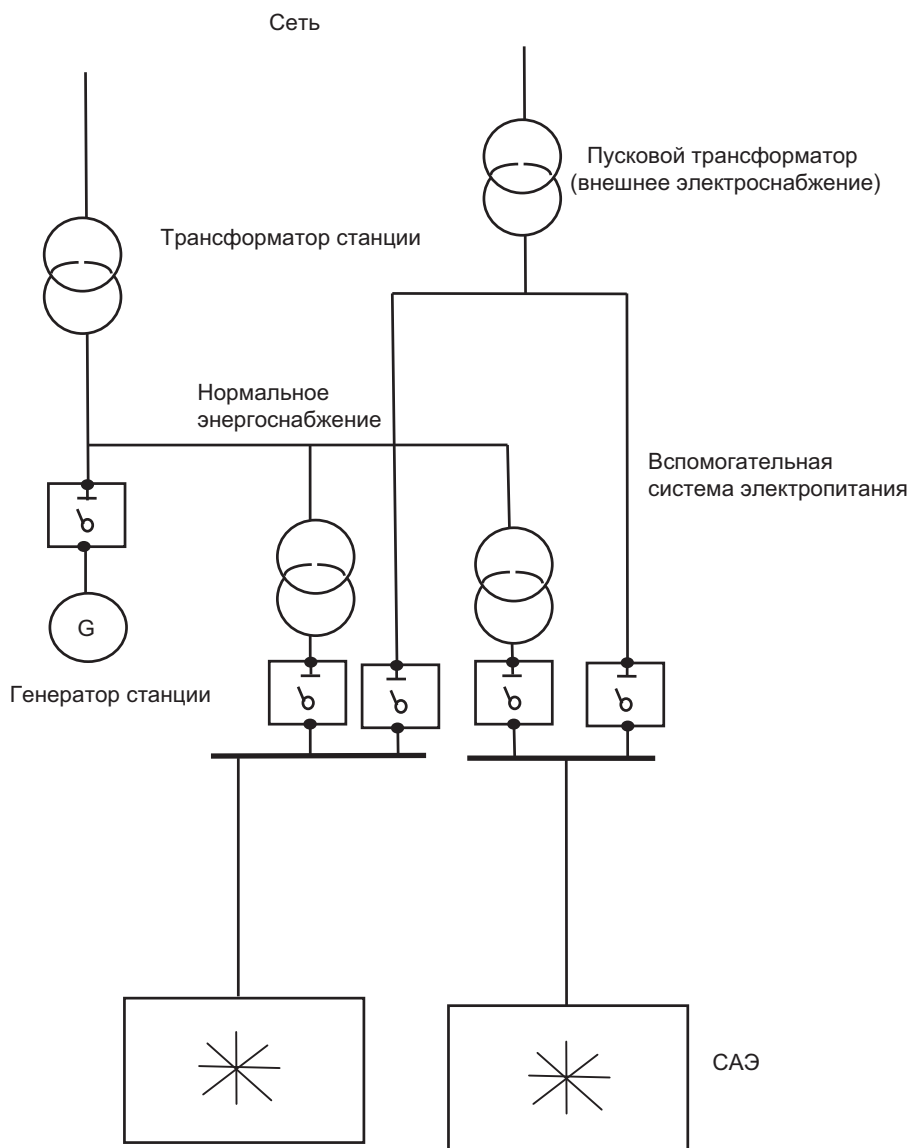


РИС. 2. Пример соединений с сетью и схем САЭ с двумя 100%-ными секциями САЭ.

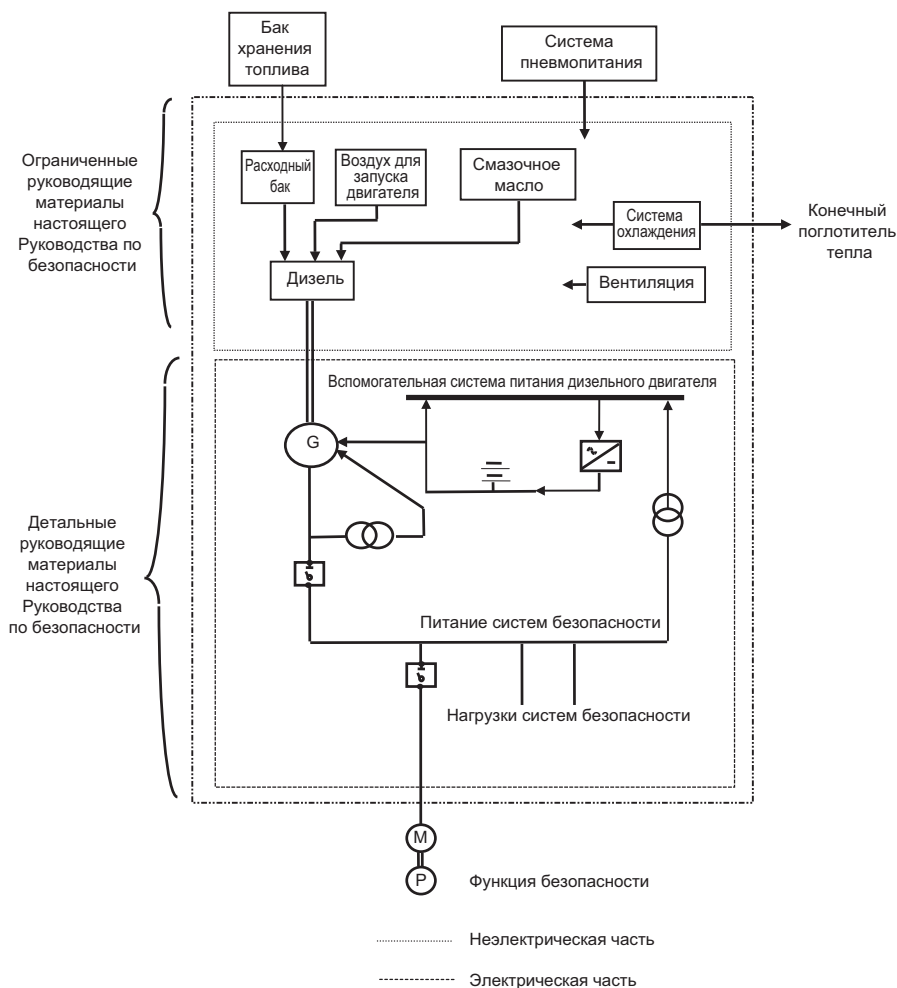


РИС. 3. Пример границ САЭ для комбинированного неэлектрического и электрического оборудования (функциональная принципиальная схема блока питания резервного дизель-генератора).

резервный источник питания, что позволяет избежать необходимости параллельного включения и синхронизации резервных генераторов. Следует предусматривать средства, обеспечивающие возможность проведения периодических испытаний резервных источников питания во время эксплуатации станции. При испытаниях под нагрузкой резервного источника питания в ходе эксплуатации станции следует обеспечивать средства

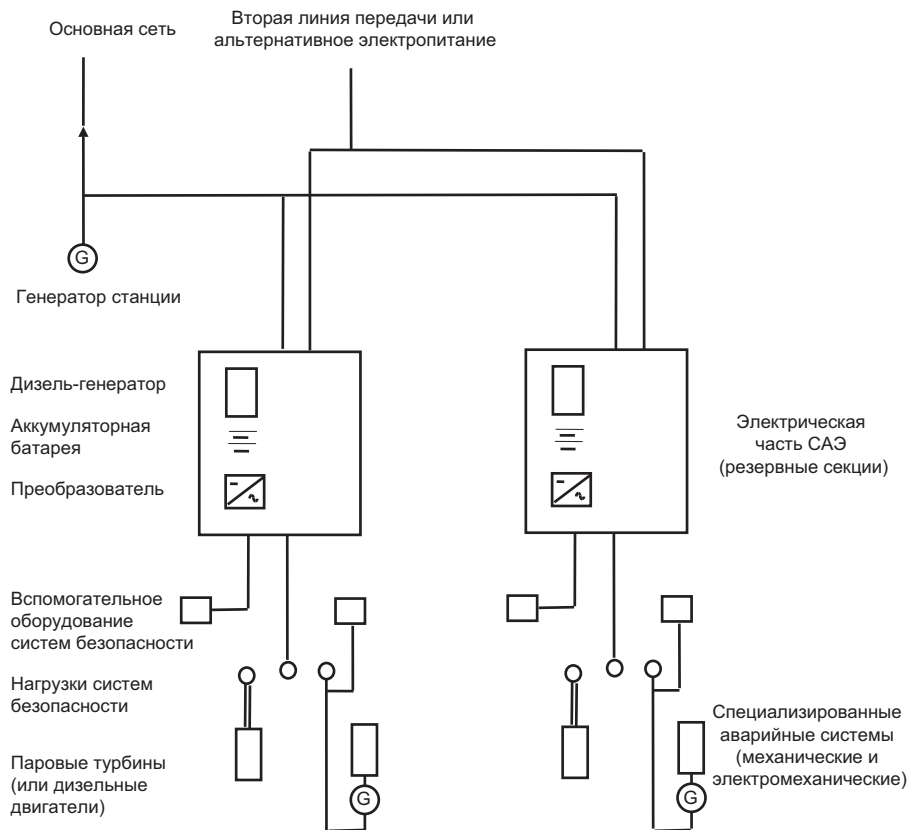


РИС. 4. Схема примерной конфигурации САЭ (ограничена двумя секциями; трансформаторы, автоматические выключатели и т.п. не показаны).

синхронизации резервного генератора с источником нормального питания. Резервный генератор следует соединять с источником нормального питания только для целей испытаний.

## Система постоянного тока САЭ

4.15. Система постоянного тока обеспечивает питание контрольно-измерительных приборов, средств управления, контроля, защиты, переключения и вспомогательных систем энергоснабжения в эксплуатационных состояниях, в условиях проектных аварий и в случае некоторых тяжелых аварий. Систему постоянного тока следует подразделять на

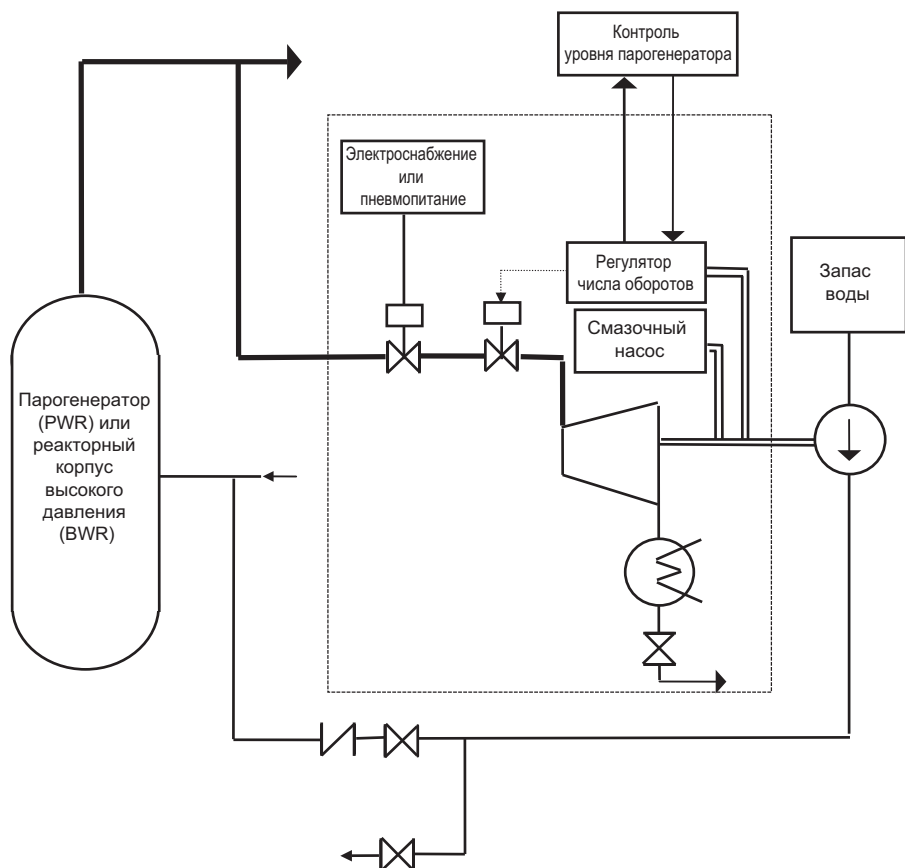


Рис. 5. Пример границы неэлектрического оборудования САЭ (функциональная принципиальная схема парового насоса для аварийной подачи питательной воды). (BWR - реактор, охлаждаемый кипящей водой; PWR - реактор, охлаждаемый водой под давлением.)

резервные секции в соответствии с пунктами 3.1 и 4.37. В каждую секцию следует включать как минимум аккумуляторную батарею, зарядный агрегат и распределительную систему.

#### Аккумуляторная батарея

4.16. Аккумуляторная батарея обеспечивает бесперебойную подачу постоянного тока на распределительную систему в случае отключения сети переменного тока, питающей зарядный агрегат. Этот источник состоит из

аккумуляторных элементов, разводов и их соединений с распределительной системой.

4.17. Во время нормальной эксплуатации аккумуляторные батареи следует поддерживать в полностью заряженном состоянии с помощью зарядного агрегата.

#### *Зарядный агрегат*

4.18. Зарядный агрегат подает постоянный ток установившегося режима на каждую секцию системы постоянного тока и поддерживает батарею в полностью заряженном состоянии. Сам зарядный агрегат получает питание от системы переменного тока САЭ, как описано в пункте 4.7.

4.19. Следует обеспечивать, чтобы зарядные агрегаты имели достаточную зарядную емкость для восстановления аккумуляторной батареи из разряженного состояния до минимально заряженного состояния в течение приемлемого промежутка времени, обеспечивая при этом питанием самые высокие суммарные нагрузки различных стационарных потребителей на начальном этапе после потери нормального энергоснабжения. Если допускается использование зарядного агрегата для питания системы с отключенной аккумуляторной батареей, то следует обеспечивать, чтобы этот агрегат имел ресурс, достаточный для питания самых высоких суммарных нагрузок, в том числе в условиях переходных режимов. Для каждого зарядного агрегата следует предусматривать разъединительные устройства в цепях переменного и постоянного тока для отключения этого агрегата.

4.20. В помещениях, в которых размещаются аккумуляторы, следует предусматривать вентиляцию в целях удерживания концентрации горючих газов ниже предписанных уровней. Эту вентиляционную систему следует обеспечивать питанием от САЭ.

#### *Ресурс аккумуляторной батареи*

4.21. Следует обеспечивать, чтобы каждый комплект резервных батарей в течение определенного периода времени (обычно в течение двух-четырех часов) обеспечивал все необходимые потребности нагрузки и условия (включая рабочие циклы и электрические переходные режимы в эксплуатационных состояниях и в условиях проектных аварий) с учетом таких факторов, как запас при проектировании, тепловые эффекты, любой недавний цикл разряда и ухудшение характеристик в процессе старения. В случае обесточивания

станции (см. пункты 2.14–2.17) соответствующий ресурс аккумуляторной батареи приобретает важнейшее значение.

### **Система бесперебойного питания переменным током в составе САЭ**

4.22. Следует предусматривать систему бесперебойного питания переменным током потребителей оборудования, важного для безопасности, для которого требуется предусматривать непрерывное снабжение переменным током. Следует обеспечивать, чтобы электрические характеристики и непрерывность подачи электроэнергии отвечали требованиям потребителей, которые будут обслуживаться этой системой. Систему бесперебойного питания переменным током следует подразделять на резервные секции. Как минимум, в каждую секцию следует включать подвод питания от системы постоянного тока, преобразователь постоянного тока в переменный и распределительную систему. Следует также предусматривать подачу питания от шины переменного тока той же секции САЭ и автоматическое переключающее устройство. Для подачи питания можно выбрать либо преобразователь постоянного тока в переменный, либо другой источник переменного тока, исходя из наличия и надежности этих источников питания.

4.23. Особое внимание следует уделять характеристикам и потребностям нагрузок, а также взаимодействию между нагрузками, подключенными к системе бесперебойного питания переменным током. Например, если используется статический инверторный преобразователь, при проектировании следует обеспечивать, чтобы гармоники напряжения, созданные самим инвертором, а также нелинейными нагрузками, не воздействовали отрицательно на функции обслуживаемых систем.

### **Резервный источник электропитания**

4.24. В состав резервного источника питания следует включать электрический генератор со всеми вспомогательными устройствами и предназначенный для него отдельный и независимый источник запасенной энергии (например, сжатый воздух, горючее топливо, нефтепродукты или вода).

4.25. Следует обеспечивать, чтобы резервный источник питания имел достаточную мощность и ресурс, чтобы осуществлять запуск и обеспечивать питание всех нагрузок, как определено в проектных основах. В число этих нагрузок могут входить как нагрузки систем безопасности, так и нагрузки, не относящиеся к системам безопасности. В пунктах 4.44–4.45 излагаются правила в отношении питания от САЭ нагрузок, не относящихся к системам

безопасности, а также их учета при определении мощности резервного источника питания.

4.26. В проектные требования резервного источника питания следует включать:

- (a) время на запуск и набор нагрузки в установленной последовательности;
- (b) рабочие характеристики, включая способность работать при нулевых нагрузках, небольших нагрузках, расчетных нагрузках, пусковых нагрузках и перегрузках в течение требуемых периодов времени;
- (c) способность работать при ступенчатом наборе нагрузки во всем диапазоне нагрузки;
- (d) надежность.

4.27. Для обеспечения способности работы при ступенчатом наборе нагрузки требуется, чтобы в резервном блоке системы электропитания напряжение и частота поддерживались в таких временных и амплитудных пределах, которые не приведут к ухудшению рабочих характеристик любой нагрузки ниже минимальных требований, предъявляемых к ней, даже во время переходных режимов, вызванных подключением или снятием самой большой нагрузки.

### **Индивидуальные источники питания**

4.28. Некоторые виды оборудования (например, дистанционные радиационные дозиметры, метеорологическое оборудование и отдельные части систем связи) могут проектироваться с собственными индивидуальными источниками питания и поэтому могут не подсоединяться к САЭ.

4.29. Такие источники питания следует проектировать таким образом, чтобы их ресурс и надежность соответствовали функциям безопасности оборудования, которое они обслуживают.

4.30. В тех случаях, когда оборудование не работает непрерывно, в проекте следует предусматривать средство проверки готовности источника питания.

### **Распределительные системы**

4.31. Рекомендации, изложенные в пунктах 4.32–4.37, применяются к распределительным системам, входящим в состав систем переменного и постоянного тока, а также к распределительной системе, используемой в системе бесперебойного питания САЭ.

### *Ресурс мощности*

4.32. Следует обеспечивать, чтобы каждая распределительная система обладала мощностью и ресурсом, достаточными для питания необходимых нагрузок во всех требуемых рабочих режимах САЭ, а также выдерживала максимально возможные перегрузки по току в условиях отказа электроустановки и при переходных режимах без повреждения любого из ее элементов или отрицательного воздействия на него. Следует обеспечивать, чтобы каждая распределительная система была способна переключать источники питания и нагрузки в соответствии с потребностями управления.

### *Оборудование вспомогательных систем*

4.33. Для оборудования вспомогательных систем (например, систем вентиляции, охлаждения, водяных насосов и систем смазки), предусматриваемого для элементов резервной секции САЭ, следует обеспечивать питание от секции, которую оно обслуживает, с тем чтобы сохранить резервирование и независимость секций.

### *Защитные устройства основных и групповых цепей*

4.34. Все основные и групповые цепи САЭ следует защищать от перегрузок, замыканий на землю и коротких замыканий посредством использования защитных устройств, которые следует размещать в соответствующих отсеках и конструкциях, предназначенных для защиты САЭ от воздействия постулируемых исходных событий. Следует обеспечивать, чтобы защитные устройства были частью системы безопасности и пригодными для работы в качестве устройства, обеспечивающего защиту от перегрузок и коротких замыканий.

4.35. Следует обеспечивать, чтобы устройства для защиты от перегрузок и коротких замыканий имели надлежащие размеры, были откалиброваны и скоординированы таким образом, чтобы САЭ функционировали в соответствии с проектными требованиями и обеспечивали защиту оборудования, шин и кабелей основных и групповых цепей от повреждений во время перегрузок и в условиях, связанных с отказами. Координацию защитных устройств следует обеспечивать таким образом, чтобы изолировалась только неисправная часть САЭ, и это не влияло на остальную неповрежденную часть цепи.

4.36. В некоторых ситуациях в целях выполнения определенных действий по обеспечению безопасности может оказаться необходимым эксплуатировать

оборудование систем безопасности в режиме перегрузки. Такую необходимость следует принимать во внимание на стадии проектирования. Например, уставки защитных устройств цепи могут быть выставлены выше уровня значений, необходимых для защиты оборудования от повреждения в результате перегрузок. Следует обеспечивать, чтобы в таких случаях испытывающее перегрузки оборудование не могло отрицательно влиять на другие цепи или на связанное с ними оборудование настолько, чтобы помешать выполнению ими соответствующих функций. Продолжительная эксплуатация оборудования системы безопасности в режиме перегрузки с последующим риском его повреждения или разрушения не должна рассматриваться в качестве части обоснования безопасности при проектных авариях, однако при этом следует допускать, что могут возникнуть непредвиденные обстоятельства. Если защитные устройства цепи выставляются на более высоком уровне, необнаруженная перегрузка может сохраняться в условиях нормальной эксплуатации, тем самым, возможно, ускоряя возникновение отказов оборудования, необходимого в особой ситуации. Следует принимать меры проверки, с тем чтобы любые условия перегрузки не оставались необнаруженными.

#### *Связь между резервными секциями*

4.37. Следует избегать автоматического соединения между резервными секциями САЭ. Если между резервными секциями предусматриваются соединения, то следует подтверждать, что требования подключенных нагрузок систем безопасности удовлетворяются с учетом возможного распространения отказов от одной секции к другой и возможных перегрузок источников питания. Следуют также учитывать тот факт, что такие соединения снижают независимость секций и подключенных к ним нагрузок систем безопасности.

#### **Средства управления САЭ**

4.38. Следует обеспечивать, чтобы управление было автоматическим. Ручное управление следует применять лишь в тех случаях, когда можно подтвердить, что его функционирование является достаточно надежным с учетом человеческого фактора. Рекомендации, касающиеся зависимости от выполняемых вручную действий оператора, приводятся в [2]. Требования по проектированию, направленному на обеспечение оптимальной работы оператора, изложены в пунктах 5.48–5.56 документа [1]. Рекомендации по характеристикам и надежности этих автоматических средств управления даны в [2].

4.39. Следует обеспечивать, чтобы функции средств управления включали:

- (а) автоматическое отключение нагрузок (как указано в проектных основах) и всех других источников энергоснабжения от шины САЭ в тех случаях, когда резервный источник питания или альтернативный источник питания на площадке обеспечивают подачу питания. В проекте САЭ следует предусматривать автоматическое переключение между альтернативным источником питания на площадке и резервным источником питания согласно критериям, изложенным в пунктах 4.7–4.14. Оборудование для подключения альтернативных источников внешнего электроснабжения, обеспечивающих питание САЭ через источник нормального питания, не входит в состав САЭ;
- (б) автоматическое включение и подсоединение резервного источника питания и нагрузок к шине САЭ в установленной последовательности. Следует предусматривать, чтобы эти операции выполнялись в соответствии с требованиями в отношении времени пуска, предъявляемыми к оборудованию, обеспечивающему безопасность, при соблюдении допущений, принимаемых в анализе безопасности. Следует обеспечивать, чтобы программа последовательности подсоединения нагрузок функционировала правильно независимо от фактической последовательности поступающих сигналов;
- (с) синхронизацию подключения САЭ к источнику нормального питания, когда восстанавливается работа этого источника.

4.40. Следует предусматривать ручные средства управления для:

- а) переключения при необходимости различных имеющихся источников питания и нагрузок на шину САЭ и б) обеспечения проведения испытаний, технического обслуживания и ремонта.

4.41. В соответствии с задачами, которые выполняют САЭ, следует предусматривать достаточное оборудование для полного управления каждой секцией САЭ. Это оборудование следует физически отделять от оборудования, используемого для управления другими секциями, и его следует размещать в пределах соответствующих конструктивных элементов секции. В местах сосредоточения линий, таких, как помещение щита управления, следует предусматривать соответствующее физическое разделение и наличие электрических разъединительных устройств между контрольно-измерительными приборами и средствами управления каждой секции САЭ, чтобы никакое постулируемое исходное событие, воздействующее на необходимые контрольно-измерительные приборы и средства управления, не влияло на выполнение САЭ своих функций.

**Изоляция систем контрольно-измерительных приборов и управления**

4.42. В контрольно-измерительных приборах и средствах управления следует использовать, когда это необходимо, методы электрической изоляции для обеспечения независимости резервных схем и оборудования, с тем чтобы требуемые функции безопасности могли выполняться во время и после любого постулируемого исходного события. Следует обеспечивать, чтобы эти разъединительные устройства входили в состав САЭ. Рекомендации и руководящие материалы, касающиеся контрольно-измерительных приборов и средств управления, важных для безопасности, приводятся в [2].

**Контроль**

4.43. Следует применять соответствующие методы контроля и контрольные индикаторы (см. таблицу 1).

ТАБЛИЦА 1. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ

Оборудование	Параметр
Общего назначения	Напряжение
	Частота
	Сила тока
	Мощность
Дизель-генератор	Температура обмотки
	Давление смазочного масла
	Температура воды
	Давление воздуха для запуска
	Уровень топлива
	Оперативное напряжение
	Положение автоматического выключателя
Шины дизель-генератора, коммутационная аппаратура	Напряжение
	Сила тока
	Частота
	Положение автоматического выключателя
	Оперативное напряжение
-----	

ТАБЛИЦА 1. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ (продолж.)

Оборудование	Параметр
Аккумуляторная батарея	Напряжение
	Ток
	Позиция выключателя
Зарядный агрегат	Напряжение
	Сила тока
	Положение автоматического выключателя
Питание типового двигателя мощного насоса (свыше 200 кВт)	Напряжение
	Сила тока
	Положение автоматического выключателя
Питание типового двигателя средней мощности или двигателя задвижки	Напряжение
	Сила тока
	Положение автоматического выключателя
Насос с паротурбинным приводом	Скорость
	Давление
	Положение запорного клапана
Турбогенератор для впрыска запирающей воды	Частота
	Напряжение
	Положение запорного клапана
	Положение автоматического выключателя
Система пневмопитания	Давление

**Примечание:** перечисленные параметры относятся к разряду типовых и приводятся исключительно для целей иллюстрации; они не обязательно применяются во всех случаях, а также не являются минимально необходимыми.

### Нагрузки, не относящиеся к системам безопасности

4.44. Нагрузки, не относящиеся к системам безопасности, включая нагрузки, важные для безопасности, и нагрузки, не важные для безопасности, могут получать электроэнергию от САЭ. Следует предусматривать, чтобы системы, не важные для безопасности, либо автоматически отключались при поступлении аварийного сигнала, либо подключались к САЭ через разъединительные устройства. Следует обеспечивать, чтобы разъединительные устройства

удовлетворяли требованиям, предъявляемым к оборудованию системы безопасности.

4.45. Следует обеспечивать, чтобы использование САЭ для целей, не важных для безопасности, а также введение дополнительного оборудования, необходимого для таких целей, не снижали функциональную независимость или надежность системы или способность САЭ выполнять заданные им функции безопасности и не влияли на возможность проведения испытаний САЭ. Как указано в пункте 3.14, все нагрузки, которые автоматически не отключаются, когда САЭ должны обеспечивать питание в случае возникновения постулируемых исходных событий, следует считать подключенными и учитывать при расчете общих нагрузок.

### **Заземление**

4.46. Заземление САЭ важно для безопасности, поскольку оно связано прямо или косвенно с обеспечением надежности системы. Следует учитывать все системы и средства заземления станции, а также проводить их совместный анализ, поскольку они могут взаимодействовать друг с другом. Детальная информация содержится в ряде национальных или международных стандартов [5–14].

4.47. Контуры заземления и соединения с землей на площадке следует электрически соединять между собой, с тем чтобы разность потенциалов между элементами САЭ была ниже требуемых величин.

4.48. Разводку соединений систем молниезащиты с землей следует прокладывать таким образом, чтобы воздействие грозových разрядов не ставило под угрозу осуществление функций безопасности САЭ или заземление молниезащиты. Контур заземления станции может использоваться в дополнение к специальной системе заземления.

4.49. Если в САЭ используются незаземленные цепи, их следует оснащать оборудованием для обнаружения неисправностей в заземлении, с тем чтобы можно было выявлять и изолировать пробой на корпус.

4.50. Заземление оборудования следует обеспечивать путем замыкания на землю металлических корпусов всего электрического оборудования и аппаратуры.

## **Шины и кабели**

### *Изоляция*

4.51. Шины и кабели САЭ следует подбирать, рассчитывать и проверять на пригодность к эксплуатации в данных условиях окружающей среды с учетом совокупных радиационных эффектов и термического старения, ожидаемых во время их срока службы. Следует обеспечивать, чтобы шины и кабели также были в достаточной степени огнеупорными в целях предотвращения распространения пожаров. Особое внимание следует уделять аттестации кабелей, которые должны выдерживать условия, возникающие внутри защитной оболочки во время и после аварии с потерей теплоносителя, разрывом паропровода острого пара, или другие неблагоприятные условия окружающей среды.

### *Номинальные параметры и сечения*

4.52. Шины и кабели следует рассчитывать на номинальное напряжение, равное или превышающее напряжение в системе, частями которой они являются, а также импульсные напряжения, превышающие любые напряжения переходных режимов, которые могут в них возникнуть. Следует обеспечивать, чтобы шины и кабели имели сечения, позволяющие безопасно переносить требуемые токи в главных и групповых цепях при колебаниях напряжения, и обеспечивать потребности нагрузок без превышения допустимых температур нагрева проводов в течение всего срока их службы. Для главных и групповых цепей следует предусматривать сечения с учетом величины тока полной нагрузки и условий, возникающих при коротких замыканиях (например, тока повреждения и времени размыкания цепи при срабатывании автоматического выключателя), и следует обеспечивать, чтобы эти цепи выдерживали температуры, возникающие при коротких замыканиях в кабелях. При расчете температуры нагрева проводов следует учитывать максимальные температуры окружающей среды, нормальные токи или токи повреждения, коэффициенты нагрузки и расположение других кабелей в тех же или близлежащих кабельных каналах. Кроме того, следует принимать во внимание факторы влияния на нагрев кабельных опор, проходов в стенах, проходок в полах, противопожарных преград и огнеупорных покрытий, а также возникающие в результате этого температуры. Вопросы противопожарной защиты рассматриваются в [15].

4.53. Конструкцию шин, кабельных лотков и их опор следует проектировать с таким расчетом, чтобы они выдерживали с соответствующим запасом механические нагрузки, включая условия сейсмических нагрузок уровня SL-2 (см. [16], пункт 2.3), от кабелей и связанной с ними арматуры. Следует обеспечивать, чтобы в соответствующих случаях распределительные щиты и другое важнейшее оборудование были защищены от проникновения в них насекомых. Кабельные каналы следует снабжать постоянной маркировкой соответствующих секций САЭ, а на каждом кабеле при монтаже следует проставлять надлежащую маркировку, с тем чтобы обеспечить его укладку в нужный канал; следует обеспечивать, чтобы на каждом конце кабелей после их укладки как минимум имелись постоянно закрепленные бирки.

*Соединительные зажимы, концевые муфты и устройства сращивания*

4.54. Соединительные зажимы, концевые муфты и устройства сращивания следует подбирать и проверять на пригодность своему назначению, а также на соответствие рабочим условиям, ожидаемым в течение всего срока их службы (см. пункты 6.3–6.9). В целом следует не допускать использования кабельных спаек в высоковольтных системах, в кабельных каналах и в защитной оболочке.

*Разделение по классам*

4.55. Для целей физического разделения кабели следует подразделять по меньшей мере на три класса: 1) кабели систем управления и контрольно-измерительных приборов, 2) силовые кабели низкого напряжения (например, 1000 В или менее) и 3) силовые кабели среднего напряжения (например, 20 кВ или менее). Кабели различных классов общей секции следует размещать в отдельных кабельных каналах. Когда в исключительных случаях кабели двух или трех классов прокладываются в одном канале, кабели следует разделять по классу посредством пространственного разделения или барьеров, которые предотвращают отрицательное воздействие кабелей одного класса на кабели другого класса. Кабели более высокого напряжения, как правило, не используются в САЭ; в случае их применения следует также предусматривать их отделение от других кабелей. Следует обеспечивать, чтобы кабели низкого напряжения для аналоговых, цифровых устройств и прочих контрольно-измерительных приборов были изготовлены с соответствующей скруткой и экранированием в целях сведения к минимуму электромагнитных и электростатических шумовых помех.

## *Независимость*

4.56. Шины и кабели одного секции САЭ следует физически отделять и электрически изолировать от шин и кабелей других секций САЭ в той мере, в какой это необходимо для обеспечения уверенности в том, что неисправность в одной секции не распространится на другие секции.

4.57. Особую опасность вызывают такие события, как пожары, возникновение которых обусловлено либо внешними причинами, либо короткими замыканиями в электрических цепях внутреннего оборудования, а также перегрузками по току в электрических цепях, вызывающими расплавление электрической изоляции. Подобное распространение от одной секции к другой секции может происходить вследствие близкого расположения резервных секций. Рекомендации и руководящие материалы по предотвращению распространения пожаров содержатся в [15].

4.58. Выполнение требований в отношении предотвращения распространения воздействия перегрузок по току и коротких замыканий следует обеспечивать путем физического разделения кабелей различных секций, а также посредством установки разъединительных устройств на всех кабелях, которые могут потенциально соединять секции между собой. Адекватность физического разделения следует обосновывать с помощью анализа или испытаний с учетом потенциальных опасностей в пределах соответствующей зоны.

## *Физическая защита*

4.59. Для того чтобы САЭ удовлетворяли критерию единичного отказа, подсоединенные к ним кабели следует надлежащим образом защищать от опасностей, которые могут возникать в результате постулируемых исходных событий. К опасностям, которые могут воздействовать на САЭ, относятся пожары и выход из строя или неправильная работа гидравлических систем, а также механических и конструкционных элементов. Поэтому при проектировании САЭ следует учитывать:

- (а) *Механические системы.* Цепи электрического оборудования САЭ следует прокладывать или защищать таким образом, чтобы отказ соответствующего механического оборудования одной секции САЭ не мог блокировать цепи или оборудование другой секции, необходимой для выполнения функции безопасности. Следует учитывать возможное воздействие биений трубопроводов, ударной силы струи, высоких уровней излучения, повышения давления, повышения температуры,

влажности и появления разлетающихся осколков в результате повреждения вращающихся частей оборудования или выхода из строя других высокоэнергетических систем. Рекомендации и руководящие материалы по защите от отказов механического оборудования содержатся в [17].

- (b) *Повреждение конструкций и оборудования.* Независимость резервных секций САЭ следует обеспечивать как во время, так и после повреждения конструкций и оборудования, которые были спроектированы без запаса на то, чтобы выдерживать возможные постулируемые исходные события. Последствия повреждения конструкций и оборудования для отдельной секции САЭ не обязательно принимать во внимание, если эта секция не предназначена для смягчения последствий подобного повреждения.

### **Электрические проходки**

4.60. Все проходки в защитной оболочке (контейнменте) должны удовлетворять тем же проектным требованиям, что и сама конструкция защитной оболочки (см. [1], пункт 6.52). Все узлы электрических проходок в конструкциях защитной оболочки и каналы, предусмотренные для вводов, следует рассматривать как оборудование системы безопасности; эти устройства следует оценивать и проверять на пригодность для данных условий эксплуатации и окружающей среды, включая совокупные эффекты облучения, которые ожидаются в течение всего срока их службы.

4.61. Соответствующее внимание должно уделяться способности проходок сохранять функциональность в случае тяжелой аварии (см. [1], пункт 6.54). Следует обеспечивать, чтобы вводы в защитной оболочке были рассчитаны на максимальное длительно допустимое напряжение, превышающее напряжение в системах, частью которых являются провода, или равное ему. Следует обеспечивать также, чтобы они были рассчитаны на импульсное напряжение, превышающее максимально возможное напряжение переходного режима или равное ему. Следует обеспечивать, чтобы вводы имели сечение, которое позволяет безопасно переносить токи при колебаниях напряжения и коротких замыканиях в течение времени, требующегося для того, чтобы защитные устройства устранили данную неисправность, а также обеспечивать потребности нагрузок во время нормальной эксплуатации, ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий. Следует исключать превышение допустимых температур проводников, а также нарушение герметичности корпусов вводов. Вводы следует защищать посредством резервных защитных устройств. Узел вводов следует проектировать таким образом, чтобы он выдерживал без нарушения механической целостности максимально

возможные перегрузки по току, которые могут возникать в результате единичного случайного отказа устройств защиты от перегрузки цепи.

4.62. Следует обеспечивать, чтобы проходки (вводы) удовлетворяли тем же критериям разделения, что и кабели, которые к ним подсоединены.

4.63. Вводы и соответствующие соединительные зажимы, концевые муфты, устройства сращивания, материалы и методы следует проверять на пригодность в соответствии с пунктами 6.3–6.9.

### **Молниезащита**

4.64. Следует предусматривать меры для того, чтобы разряд молнии не мог препятствовать САЭ выполнять заданную функцию безопасности. Для обеспечения этого в соответствующих системах можно предусматривать внешнюю или внутреннюю защиту.

4.65. Внешнюю защиту следует выполнять в виде молниеотводов или клетки Фарадея, образующейся из металлических частей здания, которые экранируют здание и его оборудование от воздействия разрядов молнии. Оба этих устройства следует заземлять так, чтобы ток молнии отводился в землю за пределами здания.

4.66. Внутренняя защита может быть выполнена в виде экрана и разрядников для защиты от перенапряжения, обеспечивающих защиту САЭ как от высокого наведенного напряжения, вызываемого током молнии, так и от высокого переходного напряжения в результате разности потенциалов между землей и частями внешней системы молниезащиты и связанных с ней заземлителей. Заземление внутренней защиты следует соединять с остальной частью заземления системы молниезащиты таким образом, чтобы предотвращать повреждение оборудования в результате возникновения значительных переходных потенциалов.

### **Защита от импульсного напряжения**

4.67. Импульсное перенапряжение может быть вызвано разрядами молнии, короткими замыканиями в электрической цепи или коммутационными явлениями. Для предотвращения превышения допустимых пределов напряжения, установленных для оборудования или его изоляции, следует предусматривать ограничители перенапряжения или защитные разрядники.

## **Противопожарная защита**

4.68. Рекомендации и руководящие материалы по противопожарной защите приводятся в [15].

## **КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ САЭ**

4.69. Неэлектрическое оборудование САЭ включает такое оборудование, как паровые турбины, газовые турбины, гидротурбины, дизельные двигатели и компрессорные установки со сжатым газом для запуска двигателей. В случае размещения оборудования за пределами площадки станции следует обеспечивать, чтобы руководящий персонал АЭС имел полный контроль и все средства управления для приоритетного использования этого оборудования.

4.70. САЭ обеспечивают движущую силу для приведения в действие насосов, компрессоров и генераторов, а также управления системами клапанов и задвижек, контрольно-измерительными приборами и средствами управления в зависимости от конструкции системы, которую они обслуживают. Неэлектрическим оборудованием является та часть САЭ, которая обеспечивает подачу механической или иной неэлектрической энергии к резервным блокам, а также к системам и элементам, важным для безопасности.

4.71. Электрическое оборудование САЭ, для которого в пунктах 4.4–4.68 даны рекомендации по проектированию, во многих случаях имеет прямое сопряжение с неэлектрическим оборудованием. Эти рекомендации следует применять к электрическому вспомогательному оборудованию или к другому электрооборудованию, непосредственно подсоединенному к неэлектрическому оборудованию САЭ. В следующих ниже пунктах излагаются рекомендации, касающиеся проектирования только неэлектрического оборудования.

## **Границы неэлектрического оборудования**

4.72. Неэлектрическое оборудование включает элементы, которые необходимы для обеспечения движущей силой компонентов, используемых для производства электроэнергии, накачивания воды, сжатия воздуха, установки клапанов и задвижек в заданное положение и обеспечения функционирования контрольно-измерительных приборов и средств управления.

4.73. Границы неэлектрического оборудования со стороны входа включают резервуары для хранения необходимого 'топлива' (например, сжатого азота или воздуха, мазута), вместимость которых достаточна для снабжения первичного двигателя в течение периода времени, определенного в проектных требованиях станции<sup>8</sup>. Со стороны нагрузки граница заканчивается на обслуживаемом элементе (см. рис. 3 и 5).

### **Соединение резервных секций**

4.74. Следует избегать автоматического соединения между резервными секциями неэлектрического оборудования. Если между резервными секциями предусматриваются соединения, то следует подтверждать, что требования подключенных нагрузок систем безопасности удовлетворяются с учетом возможного распространения отказов от одной секции к другой и возможных перегрузок источников питания. Следует также учитывать тот факт, что такие соединения снижают независимость секций и подключенных к ним нагрузок систем безопасности.

### **Средства управления неэлектрическим оборудованием САЭ**

4.75. Следует обеспечивать, чтобы управление было автоматическим. Ручное управление следует применять лишь в тех случаях, когда можно подтвердить, что его функционирование является достаточно надежным с учетом человеческого фактора. Рекомендации и соображения в отношении зависимости от выполняемых вручную действий оператора являются теми же, что и для электрических систем, о которых говорится в пункте 4.38. В частности, следует обеспечивать, чтобы функции средств управления неэлектрическим оборудованием включали:

- (a) автоматическое переключение в режим, полностью предназначенный для обеспечения только аварийных потребностей, если неэлектрическое оборудование используется в другом режиме;
- (b) автоматический запуск резервного блока;
- (c) переключение в аварийный режим в соответствии с пунктом а) выше, шунтирование тех защитных устройств, которые используются для

---

<sup>8</sup> В случае поступления пара из парогенератора реактора, охлаждаемого водой под давлением, границы САЭ заканчиваются в месте подвода трубопровода к технологической системе.

защиты оборудования только в режимах нормальной эксплуатации, испытаний и технического обслуживания.

4.76. Следует предусматривать ручные средства управления для облегчения проведения испытаний, работ по техническому обслуживанию и ремонту.

4.77. Следует обеспечивать наличие достаточного оборудования для полного управления каждой секцией САЭ. Это оборудование следует физически отделять от оборудования, используемого для управления другими секциями, и его следует размещать в пределах соответствующих конструктивных элементов секции. В местах сосредоточения линий следует предусматривать соответствующее физическое разделение и наличие разъединительных устройств между контрольно-измерительными приборами и средствами управления каждой секцией САЭ, чтобы никакое постулируемое исходное событие, воздействующее на необходимые контрольно-измерительные приборы и средства управления, не могло повлиять на выполнение САЭ своих функций.

4.78. Рекомендации и руководящие материалы по проектированию систем контрольно-измерительных приборов и управления содержатся в [2].

## **Контроль**

4.79. Следует применять соответствующие методы контроля (см. таблицу 1).

## **Нагрузки, не относящиеся к системам безопасности**

4.80. Оборудование САЭ следует использовать только для аварийных нужд. В неаварийных условиях САЭ могут использоваться для обеспечения питанием нормальных рабочих нагрузок и других нагрузок, как это предусмотрено в проектных основах.

4.81. Рекомендации для неэлектрического оборудования, которое также может использоваться для обслуживания нагрузок, не относящихся к системам безопасности, аналогичны рекомендациям, изложенным в пунктах 4.44–4.45.

4.82. Следует обеспечивать, чтобы все узлы в контуре САЭ, включая разъединительные устройства, отвечали требованиям, предъявляемым к оборудованию систем безопасности.

## **Противопожарная и физическая защита**

4.83. Следует выполнять рекомендации, изложенные в пунктах 4.56–4.59 и в [15].

### **Система пневмопитания**

4.84. Следует обеспечивать, чтобы конструкция системы пневмопитания с учетом требований надежности запитывала системы безопасности через собственные коллекторы отдельно от коллекторов питания систем, не связанных с обеспечением безопасности. При этом следует устанавливать соответствующие разъединительные устройства, с тем чтобы в случае аварии они могли быть закрыты и в результате система питания приборов обслуживала только устройства системы безопасности.

4.85. Если элементы, важные для безопасности, подсоединенные к системе пневмопитания, спроектированы так, чтобы работоспособность системы обеспечивалась при потере давления воздуха, то поддержание давления в системе пневмопитания может рассматриваться как не связанная с безопасностью функция. Если, однако, элементам, важным для безопасности, требуется давление воздуха для перехода в безопасное положение, то систему пневмопитания следует рассматривать как систему безопасности. Систему пневмопитания, приравненную к системе безопасности, следует проектировать с обеспечением резервирования, независимости и неодинаковости для достижения требуемого уровня надежности. В случаях, когда предусматривается одна система пневмопитания, необходимая надежность может обеспечиваться путем использования неодинакового нагнетательного оборудования для обслуживания тех элементов, которым требуется давление для перехода в безопасное положение. Примерами неодинаковых нагнетательных устройств являются резервуары для хранения сжатого воздуха или газа или независимая система подачи сжатого газа, подсоединенная к элементу, важному для безопасности, и отделенная от системы пневмопитания разъединительным устройством. Следует обеспечивать, чтобы ресурс систем, которые снабжают элементы, важные для безопасности, сжатым газом, был достаточным для пневмопитания САЭ в эксплуатационных состояниях и в условиях проектных аварий.

4.86. В системах подачи сжатого воздуха и газа к элементам, важным для безопасности, следует не допускать наличия таких загрязнителей, как нефтепродукты, влага и твердые частицы. Точку росы воздуха в системе следует обеспечивать достаточно низкой, с тем чтобы предотвращать

конденсацию воды в любой части системы и таким образом возможное отрицательное воздействие на функционирование элементов.

4.87. Систему пневмопитания не следует использовать для подачи воздуха к общим службам станции, не входящим в состав систем контрольно-измерительных приборов и управления, для которых она предназначена. Если сжатый воздух требуется для других целей, следует предусматривать в качестве резервной отдельную и независимую систему подачи сжатого воздуха. Когда независимая система подачи сжатого воздуха используется в качестве резервной для системы пневмопитания, следует предусматривать разъединительные устройства для предотвращения попадания воздуха в резервную систему. Кроме того, следует предусматривать устройства для предотвращения попадания загрязнителей в систему пневмопитания, которую следует эксплуатировать при более высоком давлении, чем резервную систему с целью сведения к минимуму возникновения поперечных потоков. Следует предусматривать средства для контроля, инспектирования, испытаний и обслуживания системы пневмопитания.

### **Резервная неэлектрическая система питания**

4.88. В состав резервной неэлектрической системы питания следует включать первичный двигатель со всем вспомогательным оборудованием и предназначенный для него отдельный и независимый источник запасенной энергии (например, сжатый воздух, горючее топливо, нефтепродукты или запасы воды).

4.89. Наиболее распространенными резервными неэлектрическими источниками питания являются дизельные установки. К дизельным установкам, а также другим агрегатам, таким, как паровые турбины, гидротурбины и газовые турбины, применяются рекомендации настоящего Руководства по безопасности.

4.90. Следует обеспечивать, чтобы резервная неэлектрическая система питания в ожидаемых при эксплуатации событиях и в условиях проектных аварий имела достаточную мощность, чтобы осуществлять запуск и обеспечивать питание всех нагрузок, как определено в проектных основах. В число этих нагрузок могут входить как нагрузки систем безопасности, так и нагрузки, не относящиеся к системам безопасности. В пунктах 4.44–4.45 излагаются рекомендации в отношении питания нагрузок, не относящихся к системам безопасности, а также учета таких нагрузок при определении мощности резервного источника питания.

4.91. Требования проектных основ, которые следует соблюдать при определении мощности резервной системы питания, включают:

- (a) время на запуск и набор загрузки;
- (b) рабочие характеристики, включая способность работать при нулевых нагрузках, небольших нагрузках, расчетных нагрузках, пусковых нагрузках и перегрузках в течение требуемых периодов времени.

Следует также определять надежность резервного источника питания.

### **Хранение топлива и других расходуемых материалов**

4.92. На площадке станции следуют хранить достаточное количество топлива и других расходуемых материалов для обеспечения одновременной работы всех резервных источников питания при необходимых нагрузках после постулируемого исходного события, требующего максимального расхода энергии. Объем хранящегося на площадке запаса топлива и других расходуемых материалов следует определять на основе анализа времени, необходимого для его пополнения из запасов, хранящихся за пределами площадки. Минимальные объемы, хранящиеся на площадке, различны в разных государствах и колеблются в пределах запасов на период от двух до семи суток. Качество некоторых видов хранящегося топлива со временем ухудшается (иногда достаточно быстро). В связи с этим следует разрабатывать программу оценки топлива, включая проведение контроля, инспекций и испытаний, с целью замены топлива, когда это необходимо. Следует принимать меры предосторожности для обеспечения того, чтобы емкости для хранения топлива не создавали пожарной опасности для станции. Рекомендации и руководящие материалы по противопожарной защите приводятся в [15]. Следует уделять особое внимание защите от других отказов по общей причине. В особенности следует учитывать возможность отказа по общей причине из-за наличия одного поставщика топлива.

## **5. ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ, ПРЕДУСМАТРИВАЕМЫЕ ДЛЯ ИНСПЕКЦИЙ, ИСПЫТАНИЙ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ САЭ**

5.1. В проекте следует предусматривать программы, которые будут обеспечивать, что:

- (a) каждая секция САЭ функционирует заданным образом в условиях, определенных в проектных основах;
- (b) оборудование и система соответствуют проектным требованиям;
- (c) секции САЭ поддерживаются в режиме готовности для реагирования на соответствующие потребности на протяжении всего жизненного цикла станции;
- (d) может проводиться эффективное техническое обслуживание (предпочтительно во время нормальной эксплуатации) с целью сведения к минимуму незапланированных остановок.

5.2. В проекте следует предусматривать возможность проведения следующих программ испытаний:

- (a) программы предэксплуатационных испытаний, которые следует проводить после монтажа всех элементов системы для отработки эксплуатационных и аварийных режимов, насколько это практически возможно. Посредством этой программы испытаний следует подтвердить, что проектные требования были выполнены. В результате испытаний следует также подтвердить, что каждая секция независима от других секций;
- (b) программы периодических испытаний для демонстрации постоянной эксплуатационной готовности системы, а также обнаружения и определения любого ухудшения состояния систем или элементов в системе;
- (c) программы испытаний, которая будет обеспечивать соответствующую уверенность в готовности системы функционировать, когда это требуется, и которая позволит определить элементы, требующие слишком частого проведения работ по техническому обслуживанию.

Примеры периодических испытаний приводятся в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. ПРИМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ НИМИ

Оборудование	Подлежащий проверке параметр/процедура испытания	Интервал между испытаниями
Коммутационная аппаратура:		
среднего напряжения	Функциональные испытания <sup>а</sup>	
	Механические испытания	2 года
	Испытание изоляции <sup>б</sup>	1 год
	Капитальный ремонт	По мере необходимости
	Испытание защитных устройств	2 года
низкого напряжения	Функциональные испытания <sup>а</sup>	
	Механические испытания	2 года
	Капитальный ремонт	По мере необходимости
	Испытание защитных устройств	2 года
Автоматические выключатели как разъединительные устройства	Функция разделения	1 год
Силовые трансформаторы	Испытание изоляции	1–2 года
	Включение под нагрузку (трансформаторов, которые обычно отключены)	1 год
Аккумуляторные батареи	Уровень электролита	1 месяц
	Плотность и напряжение на элементах	Контрольный элемент - еженедельно; все элементы - ежемесячно
	Визуальный контроль	Еженедельно
	Испытание емкости разрядом	5 лет <sup>с</sup>
	Эксплуатационные испытания	1–2 года <sup>д</sup>
Зарядный агрегат	Визуальный контроль	Еженедельно
	Калибровка	По мере необходимости
Резервный генератор	Испытание на готовность	1 месяц

ТАБЛИЦА 2. ПРИМЕРЫ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ИНТЕРВАЛОВ МЕЖДУ НИМИ (продолж.)

Оборудование	Подлежащий проверке параметр/процедура испытания	Интервал между испытаниями
Насос с паротурбинным приводом	Испытание на готовность	1 месяц
Турбогенератор для впрыска запирающей воды	Пусковые испытания на готовность	1 месяц
	Испытания турбогенератора с ограниченной нагрузкой	3 месяца
	Осуществление всей системы испытаний	1 год

<sup>a</sup> Когда это позволяет эксплуатация оборудования.

<sup>b</sup> Кабели и двигатели могут оставаться подключенными к коммутационной аппаратуре во время ее испытаний.

<sup>c</sup> Нагрузка должна соответствовать расчетным данным завода-изготовителя для данной аккумуляторной батареи в течение установленного испытательного периода, который предпочтительно следует выбирать равным проектному периоду эксплуатации аккумуляторной батареи.

<sup>d</sup> Скорость разрядки следует устанавливать так, чтобы она как можно точнее соответствовала нагрузкам, которые должна выдерживать аккумуляторная батарея во время проектной аварии в течение определенного периода времени (два-четыре часа).

5.3. С целью обеспечения высокой степени готовности САЭ к выполнению заданных им функций безопасности следует предусматривать применение следующих мер:

- (a) сведение к минимуму времени, в течение которого оборудование выводится из эксплуатации для проведения испытаний;
- (b) отмена испытательного режима при поступлении соответствующего сигнала-требования в отношении связанного с обеспечением безопасности действия таким образом, чтобы оборудование могло выполнить свою функцию безопасности;
- (c) повышение степени резервирования оборудования;
- (d) использование сочетания указанных выше трех методов (см. [3]).

5.4. Методы испытаний следует тщательно проверять для выявления возможного отрицательного воздействия самих процедур испытаний на САЭ или степень готовности этих систем (например, образование сажи в дизельных двигателях, испытываемых в условиях отсутствия нагрузки или неправильный порядок восстановления нормального состояния ненагруженного резерва после

завершения испытаний). Следует использовать методы испытаний с замедленным пуском с тем, чтобы свести к минимуму износ оборудования, к которому приводит быстрый пуск САЭ.

5.5. Последовательное подключение нагрузок и испытания под нагрузкой с использованием реальных нагрузок следует выполнять на остановленной станции. Одновременно следует испытывать только одну резервную систему питания, с тем чтобы предотвратить одновременный выход из строя двух или большего числа генераторов. В тех случаях, когда резервная система питания для одной резервной независимой секции состоит из более чем одного электрогенератора, на основе его периодических испытаний следует подтверждать и проверять функциональные характеристики всей секции в условиях, в максимально возможной степени приближающихся к условиям проектных основ.

5.6. В проекте следует предусматривать решения, обеспечивающие выполнение следующих программ инспекций и технического обслуживания:

- (a) программы инспекций для выявления любых тенденций к ухудшению свойств (старению), которые могут привести к потере эксплуатационной готовности оборудования<sup>9</sup>.
- (b) программы профилактического технического обслуживания, в рамках которой элементы САЭ периодически инспектируются в целях определения признаков ухудшения свойств, которое в данный момент может не влиять на работоспособность элемента, но в дальнейшем способно привести к неожиданному отказу. В эту программу следует включать замену определенных частей, которые имеют ограниченный эксплуатационный ресурс.

5.7. При проектировании и выборе компоновки конструкций, систем и элементов станции необходимо предусматривать соответствующие меры для обеспечения того, чтобы дозы излучения, получаемые населением и персоналом на площадке во всех эксплуатационных состояниях, включая работы по техническому обслуживанию и инспекции, а также снятие с эксплуатации, не превышали разрешенных пределов и поддерживались на разумно достижимом низком уровне [1, 18–20].

---

<sup>9</sup> В некоторых государствах она называется программой «прогнозного технического обслуживания».

5.8. В проекте следует обеспечивать, чтобы функции безопасности могли выполняться с требуемой надежностью в период проведения технического обслуживания оборудования САЭ в ходе эксплуатации (см. пункты 2.9–2.10). Следует рассматривать целесообразность применения независимого временного источника электропитания на случай проведения работ по техническому обслуживанию в течение длительного периода времени.

## **6. ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПРАВИЛЬНОСТИ ПРОЕКТА**

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА**

6.1. Все работы с начала до завершения проектирования и строительства САЭ, а также их эксплуатацию и техническое обслуживание необходимо планировать и проводить в соответствии с программами обеспечения качества (см. [1], пункт 3.14). Соответствующие рекомендации и руководящие материалы приводятся в [21].

6.2. Следует обеспечивать, чтобы уровни обеспечения качества, выбранные для проектирования различных частей САЭ, соответствовали их важности для безопасности.

### **АТТЕСТАЦИЯ**

6.3. Требуется утверждать процедуру аттестации для подтверждения того, что узлы, важные для безопасности, будут отвечать в течение установленных для них проектных сроков эксплуатации требованиям в отношении выполнения предписываемых им функций в случае необходимости в условиях воздействия внешней среды (см. [1], пункт 5.45). Следует обеспечивать, чтобы оборудование, используемое в САЭ, удовлетворяло требованиям, предъявляемым к рабочим характеристикам этих систем в условиях, определяемых ожидаемыми при эксплуатации событиями, проектными авариями и некоторыми тяжелыми авариями в течение расчетного срока службы станции.

6.4. Оборудование следует аттестовывать применительно к эксплуатационным условиям, которые создаются в результате ожидаемых при эксплуатации

событий, проектных аварий и некоторых тяжелых аварий. В аттестационную программу следует включать критерии приемлемости его рабочих характеристик для подтверждения путем испытаний, анализа или сочетания этих методов того, что оборудование способно выдерживать воздействие эксплуатационных условий, которые могут возникнуть в течение его аттестованного ресурса.

#### *Методы аттестации<sup>10</sup>*

6.5. Аттестация может проводиться несколькими способами, применяемыми отдельно или при необходимости в сочетании друг с другом.

#### *Аттестация типовыми испытаниями*

6.6. Типовые испытания рабочих характеристик оборудования, проводимых изготовителем в соответствии с признанными нормами на стендах, моделирующих реальные условия эксплуатации, являются методом аттестации оборудования. Этот метод следует использовать для аттестации большей части оборудования САЭ. Если типовые испытания, проводимые изготовителем, недостаточны для условий, существующих на атомных электростанциях, то следует проводить дополнительные испытания для подтверждения того, что оборудование будет функционировать согласно требованиям, установленным для данных специфических условий.

#### *Аттестация опытом эксплуатации*

6.7. На основе опыта эксплуатации можно получить информацию относительно пределов экстраполяции, видов и интенсивности отказов. Оборудование, которое успешно эксплуатировалось в сопоставимых условиях работы, может считаться пригодным для работы в равных или менее тяжелых условиях эксплуатации.

#### *Аттестация путем анализа*

6.8. В аттестацию путем анализа следует включать обоснование используемых методов, теорий и допущений.

---

<sup>10</sup> Детальная информация содержится в ряде национальных или международных стандартов [см., например 22, 23].

6.9. В случае применения метода аттестации путем анализа следует подтверждать пригодность математических моделей на основе экспериментальных данных или опыта эксплуатации.

## ПРОВЕРКА ПРОЕКТА

6.10. Рекомендации по мерам проверки соответствия САЭ проектным требованиям, а также общие положения и методы такой проверки изложены в [24].

6.11. В рамках проверки следует выполнять и документально оформлять в виде, пригодном для контроля:

- (а) анализ рабочих характеристик для подтверждения способности САЭ выполнять заданные им функции безопасности, как изложено в проектных основах этих систем;
- (б) оценки безопасности на определенных стадиях проектирования САЭ для подтверждения того, что проектные требования выполняются, включая соблюдение критерия единичного отказа (см. [24]);
- (с) анализ надежности (см. [2]), включая рассмотрение отказов по общей причине.

## ДОКУМЕНТАЦИЯ

6.12. В документацию по САЭ следует включать:

- (а) Информацию о проектных основах, как это изложено в разделе 2, включая положение о расчетных параметрах энергосети за пределами площадки.
- (б) Документы и технические условия, важные для проектирования, монтажа, эксплуатации, контроля и испытаний системы. К ним относятся:
  - и) Описание системы энергоснабжения в целом, включая:
    - подробное описание того, как атомная электростанция подсоединена к энергосети;
    - пояснение относительно степени резервирования САЭ;
    - идентификацию сопряжения САЭ со вспомогательными системами (например, охлаждения, вентиляции, снабжения топливом).

- ii) Описание критериев разделения для установки оборудования, прокладки кабелей и кабельных каналов, включая электропроводку и элементы внутри панелей.
- iii) Однолинейные схемы электрических соединений, функциональные схемы управления, принципиальные схемы и описания систем.
- iv) Компоновка помещений для САЭ с размещением оборудования и соответствующих вспомогательных систем.
- v) Планы кабельных трасс, включая расположение лотков, труб и каналов по всей станции, а также обозначение резервных секций и маркировку кабелей и их трасс.
- vi) Координационный анализ средств электрической защиты.
- vii) Анализ электрических нагрузок, включая список электрических нагрузок и анализ нагрузок во времени, на основании чего рассчитываются параметры необходимых элементов САЭ.
- viii) Руководства по техническому обслуживанию и документацию по предполагаемой эксплуатации САЭ, включая программу проведения периодических испытаний.
- ix) Любые специальные требования к эксплуатации и техническому обслуживанию, например, программу оценки топлива.
- x) Документацию по программам испытаний и отчеты о приемочных и эксплуатационных испытаниях.
- xi) Документацию по обеспечению качества.
- xii) Анализы возникновения переходных отклонений напряжения и частоты, а также расчеты коротких замыканий и перепадов напряжения.
- xiii) Анализ вместимости хранилищ топлива для резервного источника питания САЭ.
- xiv) Анализ последствий частичного или полного нарушения энергоснабжения (например, отключения источников энергоснабжения за пределами площадки и на площадке, а также источников питания контрольно-измерительных приборов и средств управления).
- xv) Отчеты о результатах выполнения программы аттестации оборудования и протоколы испытаний.
- xvi) Технические условия элементов САЭ.

## Дополнение

### РУКОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЮ НА ПЛОЩАДКЕ И ЗА ЕЕ ПРЕДЕЛАМИ

#### ИСТОЧНИКИ НОРМАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

А.1. Требования, предъявляемые к САЭ, включают обеспечение высокого уровня надежности, мощности, достаточной для необходимого энергоснабжения, и возможности проведения испытаний с целью проверки их функциональной способности. Уровень надежности САЭ на данной станции зависит от конкретной ситуации на площадке станции (т.е. от чувствительности к природным и вызываемым действиями человека постулируемым исходным событиям), компоновки станции (одно- или многоблочная станция), а также от проекта станции (от наличия предусмотренных на станции внутренних средств тепловода или генератора станции<sup>11</sup>). Другим важным параметром, который следует учитывать, является характер источников электроснабжения (небольшой или мощный, стабильный или потенциально нестабильный), так как большая часть САЭ, как правило, работает на электроэнергии.

А.2. Для обеспечения требующейся надежности электрической части САЭ может быть предусмотрен ряд мер на площадке и за ее пределами. Эти меры рассматриваются ниже. Такие меры могут включать повышение надежности источника нормального энергоснабжения станции<sup>12</sup>, от которого САЭ обычно получают питание, или обеспечение наличия других источников питания САЭ в случаях, когда может отсутствовать нормальное энергоснабжение. Если надежность источников, расположенных за пределами площадки, относительно низка, то следует обеспечивать более высокую надежность источников на площадке с тем, чтобы ко всем различным системам безопасности подавалось необходимое питание для выполнения заданных им функций безопасности, когда это требуется. Это может включать использование специализированных

---

<sup>11</sup> Термин «генератор станции» используется для обозначения турбогенератора, который вырабатывает электроэнергию на атомной электростанции.

<sup>12</sup> См. рис. 1, который поясняет использование некоторых терминов.

источников энергоснабжения<sup>13</sup> для особо важных систем безопасности<sup>14</sup>. При выборе сочетания необходимых мер следует проводить тщательную оценку взаимного влияния альтернативных мер и общей надежности, которую это сочетание обеспечивает. Для определения соответствия требованиям избранного решения следует рассматривать вопрос о целесообразности применения вероятностного анализа безопасности.

## СТАБИЛЬНОСТЬ СЕТИ

А.3. Энергосеть предназначена для обеспечения стабильного внешнего электроснабжения, и ее следует проектировать, чтобы она была способна выдерживать изменения нагрузки без скачков напряжения и частоты, превышающих предписанные пределы. На начальном этапе выбора площадки атомной электростанции следует проводить оценку стабильности энергосети. В случае низкой стабильности сети следует предусматривать меры по ее повышению или, если это возможно, выбирать альтернативную площадку с более высокой стабильностью сети. Если альтернативную площадку, для которой обеспечиваются соответствующие параметры стабильности сети, не представляется возможным подыскать, для САЭ следует предусматривать более высокую степень резервирования и неодинаковости, с тем чтобы компенсировать более высокую ожидаемую частоту нарушений в сети, приводящих к отключению внешнего электроснабжения. Кроме того, при проектировании станции следует учитывать способность сети выдерживать сброс нагрузки с возвратом на нагрузку без остановки реактора или аварийного отключения турбогенератора так, чтобы продолжалось питание нагрузок собственных нужд станции<sup>15</sup> (см. пункт 13).

А.4. Стабильность энергосети зависит от многих факторов. К ним относятся: выработка электроэнергии в системе и резервная выработка в пиковые и межпиковые периоды; выработка энергии за счет выбега ротора (в режиме вращения по инерции); количество и мощность генераторов и их характеристики; число и характеристики линий подсоединения к

---

<sup>13</sup> Термин «специализированный источник энергоснабжения» означает оборудование, которое вырабатывает, например, пневматическую или электрическую энергию исключительно для конкретного применения; например, отдельный независимый электротурбогенератор для приведения в действие насосов и клапанов, приводимый в движение непосредственно паровой турбиной.

<sup>14</sup> См. схему на рис. 4.

<sup>15</sup> Нагрузка собственных нужд включает все электрические нагрузки станции.

примыкающим энергосистемам; и число линий передачи и их характеристики, в том числе характеристики их релейной защиты и автоматических выключателей.

А.5. Основные подходы, используемые как при введении новых энергетических мощностей, так и при проектировании сети энергосистемы, оказывают непосредственное влияние на стабильность энергосети. Например, на основе изучения потокораспределения нагрузок и анализа стабильности следует определять оптимальную мощность блока для конкретной системы, а также мощность в режиме выбега, требуемую для поддержания стабильности системы. Следует также учитывать возможные последствия других нарушений в сети, которые могут привести к серьезным колебаниям напряжения и частоты в системе и таким образом оказывать влияние на функционирование таких больших электромеханизмов, как главные циркуляционные насосы реактора.

А.6. Особо следует учитывать вероятность того, что отключение самого мощного работающего блока от сети может привести к нестабильности энергосети, а, следовательно, и к развалу всей системы, в результате чего может прекратиться внешнее электроснабжение станции. В некоторых объединенных энергосистемах используется метод принудительного сброса нагрузок потребителей в системах передачи и распределения энергии на среднем напряжении, с тем чтобы сохранить частоту в системе в условиях недостаточной выработки энергии. В качестве последнего средства энергоблоки отсоединяются от сети, если частота в энергосистеме падает до слишком низкого уровня. Поскольку все эти факторы влияют на стабильность сети, их следует тщательным образом учитывать при выборе энергоблока АЭС для конкретной энергосистемы.

## ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ

А.7. Число подсоединений линий передачи к энергосети зависит от проектных возможностей сети в целом, а также и от проекта самой АЭС.

А.8. Одно подсоединение посредством линии передачи к энергосети может быть приемлемым в тех случаях, когда атомная электростанция вырабатывает значительную часть электроэнергии в соответствующую энергосеть или когда стабильность сети такова, что отключение этой атомной электростанции может привести непосредственно к развалу энергосети. В таких ситуациях подсоединение второй линии передачи к энергосети мало влияет на повышение надежности САЭ; поэтому на площадке следует предусматривать другие меры.

А.9. В тех случаях, когда на долю атомной электростанции приходится незначительная часть общей выработки электроэнергии в энергосети, и считается, что сеть остается стабильной в случае отключения станции (или блока станции), предпочтительный подход состоит в обеспечении по меньшей мере двух линий передачи между площадкой станции и энергосетью. При проектировании следует добиваться, чтобы эксплуатационная готовность каждой линии передачи обеспечивалась достаточно быстро таким образом, чтобы проектные пределы для топлива и проектные условия барьера давления (первого контура) теплоносителя реактора не превышались. В тех случаях, когда атомная электростанция подсоединяется к энергосети несколькими линиями передачи, их следует соответствующим образом отделять друг от друга или даже подключать к различными относительно независимым частям сети, с тем чтобы избежать выхода из строя двух или более линий из-за отказа по общей причине. Использование трех или более подсоединений к сети может не привести к повышению надежности, если эти подсоединения не делаются в различных точках сети. Однако для станций, которые расположены на площадках, удаленных от основной сети, может оказаться нецелесообразным прокладывать более чем одну линию передачи. Если станция подсоединяется к энергосети одной линией передачи, следует обеспечивать, чтобы никакие другие линии передачи не использовали ту же самую опору линии электропередачи.

А.10. Независимо от количества линий передачи, подключенных к станции, существует возможность одновременного выхода из строя всех этих линий передачи. Некоторые природные явления, такие, как торнадо, землетрясения и ураганы, могут стать причиной выхода из строя всех линий передачи, проложенных к площадке. Кроме того, все системы передачи и распределения энергии в сети взаимосвязаны, и выход из строя основной части может приводить к отказу большей части, если не всей, энергосети в целом.

А.11. На атомных электростанциях с одной линией передачи может быть повышенное число вынужденных остановок в результате размыкания линии. Это имеет особое значение в географических районах, где частота ударов молнии в линию высока. В таких случаях атомную электростанцию следует проектировать таким образом, чтобы она выдерживала последствия вынужденных отключений, либо следует принимать меры для сокращения числа вынужденных простоев по этой причине, возможно, путем подведения дополнительных линий передачи.

## МЕРЫ, ПРИНИМАЕМЫЕ НА ПЛОЩАДКЕ

А.12. При нормальном энергоснабжении САЭ атомной электростанции питание к этим системам обычно поступает из энергосети по одной или нескольким линиям передачи, от генератора станции или от этих источников, используемых в сочетании друг с другом. Для того чтобы свести к минимуму нагрузку на электрокоммутационную аппаратуру станции вследствие переключений, следует обеспечивать, чтобы предпочтительный источник энергоснабжения, выбранный для условий нормальной эксплуатации станции, был более надежным по сравнению с другим источником. Следует обеспечивать, чтобы в случаях нарушения энергоснабжения от предпочтительного источника автоматически выбирались самые надежные из оставшихся источников.

А.13. В проектах некоторых атомных электростанций предусматривается сброс нагрузки при отключении от линий передачи и последующее уменьшение мощности реактора и выходной мощности генератора до уровня, который требуется только для покрытия энергетических потребностей отключенной от нагрузки станции (нагрузки собственных нужд) без отключения пароснабжения или турбогенератора. Эта способность сброса нагрузки и перехода на нагрузку собственных нужд особенно важна в тех проектах, в которых для питания АЭС предусматривается одна линия передачи, подсоединенная к энергосети. Преимущества такого решения следует учитывать при проектировании.

А.14. При наличии одной или нескольких линий передачи, подсоединенных к энергосети, электроэнергия в нормальном режиме эксплуатации может подаваться к САЭ от соединения генератора станции и сети через вспомогательную систему электропитания станции (см. рис. 1). Для обеспечения подачи энергии от энергосети при неработающем генераторе станции требуется использовать автоматический выключатель, устанавливаемый со стороны генератора на этом соединении. Аналогичным образом для обеспечения подачи электроэнергии от генератора станции при отключении от сети также требуется устанавливать автоматический выключатель между соединением генератора и соединениями линий передачи. Приемлемость такой схемы подачи электроэнергии к САЭ зависит от параметров используемых автоматических выключателей, установленных между генератором станции и линиями передачи. Следует обеспечивать, чтобы эти автоматические выключатели были высококачественными, полностью соответствовали номинальным характеристикам, а также могли выдерживать максимальный ток, который может проходить через них, и размыкать цепь при тех значениях номинального и аварийного токов, на которые они рассчитаны. Такая схема обеспечивает бесперебойное питание от турбогенератора станции

или от линий передачи во всех условиях, за исключением тех случаев, когда возникают неисправности в цепи между автоматическими выключателями, или в случае, когда неисправности имеют место одновременно в генераторе станции и в линиях передачи. В дополнение к этому при необходимости следует рассматривать вариант альтернативного питания от внешней энергосети, что предотвращает преждевременное включение резервных источников питания, когда происходит размыкание основного подсоединения к сети.

А.15. Пример схем бесперебойного питания в случае одиночных отказов, происходящих в цепи между генератором станции и линиями передачи, приводится на рис. 2. Он иллюстрирует двойное соединение с сетью.

## АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

А.16. В дополнение к энергоснабжению САЭ в целях повышения надежности САЭ могут использоваться альтернативные источники питания на площадке или за ее пределами, которые не являются сами частью этих систем; например, это могут быть генераторы, работающие на органическом топливе, обычно используемые для восполнения пиковой нагрузки, или местные электрические сети за пределами площадки, предназначенные для специальных целей. В этой связи важной особенностью многоблочной станции является их способность обеспечивать питание САЭ любого из реакторных блоков от генераторов других реакторных блоков независимо от состояния линий передачи, подключенных к энергосети.

А.17. Наличие таких альтернативных источников питания следует учитывать при проектировании САЭ. Степень использования альтернативных источников питания вне зависимости от того, подключаются ли они автоматически или вручную, будут зависеть от ряда факторов, включая их надежность, конструкцию и, в частности, степень административного контроля за их эксплуатацией, который могут осуществлять операторы станции.



## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: проектирование, Серия норм безопасности, № NS-R-1, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Системы контрольно-измерительных приборов и управления, важные для безопасности атомных электростанций, Серия норм безопасности, № NS-G-1.3, МАГАТЭ, Вена (2008 год).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Single Failure Criterion, Safety Series No. 50-P-1, IAEA, Vienna (1990).
- [4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Пределы и условия для эксплуатации и эксплуатационные процедуры для атомных электростанций, Серия норм безопасности, № NS-G-2.2, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [5] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Terminology and Test Procedures for Neutral Grounding Devices, IEEE Standard 32 — 1972, Piscataway, NJ (1990).
- [6] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground System, IEEE Standard 81 — 1983, Piscataway, NJ (1983).
- [7] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants, IEEE Standard 141 — 1993, Piscataway, NJ (1993).
- [8] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, IEEE Standard 142 — 1991, Piscataway, NJ (1991).
- [9] VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER, Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V, DIN VDE Standard 0100, Frankfurt (1973).
- [10] VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER, Erdungen für spezielle Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV, DIN VDE Standard 0141, Frankfurt (2000).
- [11] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION, Low Voltage Electrical Installations, Certified Standard NF CF15-100, AFNOR, Paris La Défense (2000).
- [12] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION, Surge Arresters — Part 1: Non-linear Resistor Type Gapped Surge Arresters for AC Systems, Certified Standard NF EN 6009-1, AFNOR, Paris La Défense (2000).
- [13] ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION, High Voltage Electrical Installations: Requirements, Certified Standard NF C13-200, AFNOR, Paris La Défense (1989).
- [14] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Electrical Installations of Buildings, IEC Standard No. 60364-4, Geneva (1980).

- [15] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Защита от внутренних пожаров и взрывов при проектировании атомных электростанций, Серия норм безопасности, № NS G 1.7, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.6, IAEA, Vienna (2003).
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Protection against Internal Hazards Other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.11, IAEA, Vienna (2004).
- [18] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ТРУДА, Радиационная защита при профессиональном облучении, Серия норм безопасности, № RS-G-1.1, МАГАТЭ, Вена (1999).
- [19] ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения, Серия изданий по безопасности, № 115, МАГАТЭ, Вена (1997).
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.13, IAEA, Vienna (2005).
- [21] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обеспечение качества для безопасности атомных электростанций и других ядерных установок, Свод положений и руководства по безопасности Q1-Q14, Серия изданий по безопасности, № 50-C/SG-Q, МАГАТЭ, Вена (1998).
- [22] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations, IEEE Standard A323 — 1983, Piscataway, NJ (1983).
- [23] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Electrical Equipment of the Safety System — Qualification, IEC Standard No. 60780, Geneva (1998).
- [24] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка безопасности и независимая проверка для атомных электростанций, Серия норм безопасности, № NS-G-1.2, МАГАТЭ, Вена (2004).

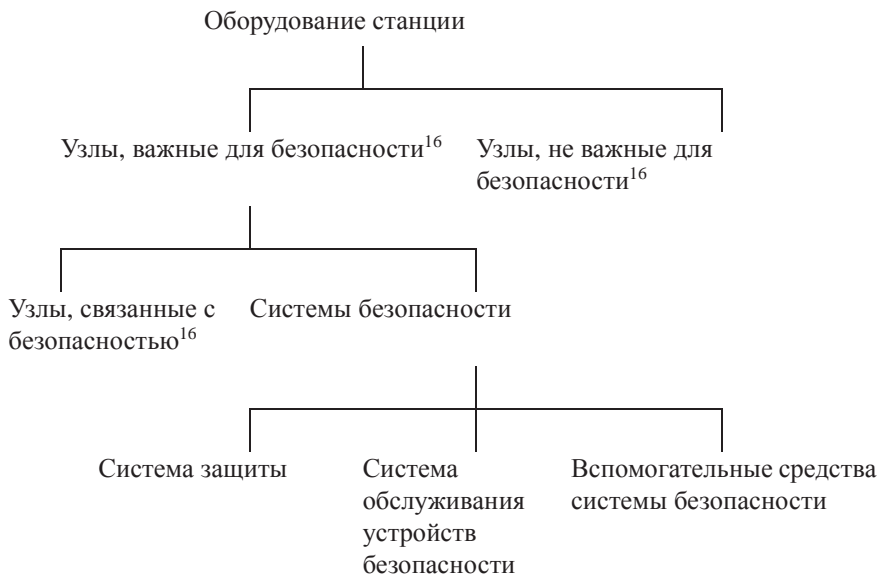
## ГЛОССАРИЙ

**Единичный отказ (single failure).** Отказ, который приводит к потере способности элемента выполнять предписанные ему функции безопасности, а также любые последующие отказы, являющиеся результатом этого.

**Неодинаковость (diversity).** Наличие двух или более резервных систем или элементов для выполнения одной определенной функции, при которой разные системы или элементы наделяются различными признаками таким образом, чтобы уменьшалась возможность отказа по общей причине.

**Обеспечение качества (quality assurance).** Планируемые и систематически проводимые мероприятия, необходимые для обеспечения достаточной уверенности в том, что изделие, процесс или услуга будут удовлетворять заданным требованиям к качеству, например требованиям, указанным в лицензии.

**Оборудование станции (plant equipment):**



<sup>16</sup> В данном контексте “узел” означает конструкцию, систему или элемент.

**Вспомогательные средства системы безопасности (safety system support features):** комплект оборудования, который обеспечивает такие виды обслуживания, как охлаждение, смазка и подача энергии, необходимые для системы защиты (системы управления защитными действиями) и систем обслуживания устройств безопасности (исполнительных систем безопасности).

**Система безопасности (safety system):** система, важная для безопасности, обеспечивающая безопасный останов реактора или отвод остаточного тепла из активной зоны, либо ограничивающая последствия ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий. Системы безопасности состоят из системы защиты, систем обслуживания устройств безопасности и вспомогательных средств систем безопасности. Элементы систем безопасности могут предусматриваться исключительно для выполнения функций безопасности или могут выполнять функции безопасности в некоторых эксплуатационных состояниях установки и не связанных с безопасностью функций в других эксплуатационных состояниях.

**Система защиты (protection system):** система, которая контролирует эксплуатацию реактора и которая при обнаружении ненормального условия (состояния) автоматически включает действия, направленные на предотвращение небезопасного или потенциально небезопасного режима. 'Система' в этом случае охватывает все электрические и механические устройства и схемы от датчиков до входных клемм исполнительного устройства.

**Узел, важный для безопасности (item important to safety):** узел, который является частью группы безопасности и/или неисправность или отказ которого может привести к радиационному облучению персонала на площадке или лиц из населения. Узлы, важные для безопасности, включают:

- конструкции, системы и элементы, неисправность или отказ которых могут приводить к чрезмерному радиационному облучению персонала площадки или лиц из населения;
- конструкции, системы и элементы, которые препятствуют тому, чтобы ожидаемые при эксплуатации события приводили к аварийным условиям; и
- средства, которые предусматриваются для смягчения последствий неисправности или отказа конструкций, систем или элементов.

**Узел, связанный с безопасностью (safety related item):** узел, важный для безопасности, который не является частью системы безопасности.

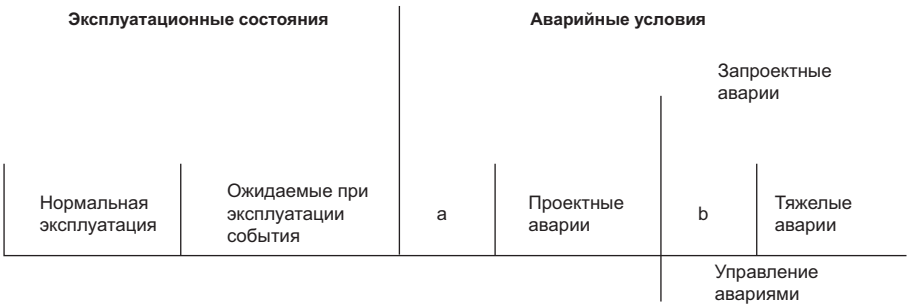
**Отказ по общей причине (common cause failure).** Отказ двух или более конструкций, систем или элементов вследствие единичного конкретного события или причины.

**Постулируемое исходное событие (postulated initiating event).** Событие, определяемое на стадии проектирования как способное привести к ожидаемым при эксплуатации событиям или аварийным условиям.

**Проектирование/проект (design).** Процесс и результат разработки концепции, подробные чертежи, вспомогательные расчеты и технические условия для установки и ее частей.

**Резервирование (redundancy).** Использование альтернативных (одинаковых или неодинаковых) конструкций, систем или элементов таким образом, чтобы все они могли выполнять требующуюся функцию независимо от эксплуатационного состояния или выхода из строя любого из них.

**Состояния станции (plant states):**



- a. Аварийные условия, которые прямо не учитываются в проектных авариях, но охватываются ими.
- b. Запроектные аварии без значительного повреждения активной зоны.

**Аварийные условия (accident conditions):** отклонения от нормальной эксплуатации, более серьезные, чем ожидаемые при эксплуатации события, включая проектные аварии и тяжелые аварии.

**Нормальная эксплуатация (normal operation):** эксплуатация в рамках регламентированных эксплуатационных пределов и условий.

**Ожидаемое при эксплуатации событие (anticipated operational occurrence):** отклонение эксплуатационного процесса от нормальной эксплуатации, которое предположительно может произойти как минимум один раз в течение срока эксплуатации (эксплуатационного ресурса) установки, но которое благодаря соответствующим предусмотренным в проекте мерам не нанесет значительного повреждения узлам, важным для безопасности, и не приведет к аварийным условиям.

**Проектная авария (design basis accident):** аварийные условия, с учетом которых проектируется установка в соответствии с установленными проектными критериями и при которых повреждение топлива и выбросы радиоактивного материала находятся в разрешенных (санкционированных) пределах.

**Тяжелая авария (severe accident):** аварийные состояния, более тяжелые, чем проектная авария, которые вызывают значительные повреждения активной зоны.

**Эксплуатационные состояния (operational states):** состояния, соответствующие определениям терминов нормальная эксплуатация и ожидаемые при эксплуатации события.

**Функция безопасности (safety function).** Конкретная цель, которая должна быть достигнута для обеспечения безопасности.

**Эксплуатационные пределы и условия (operational limits and conditions).**

Совокупность правил, определяющих пределы параметров, функциональные возможности и уровни рабочих характеристик для оборудования и персонала, которые утверждены регулирующим органом с целью обеспечения безопасной эксплуатации установки, которой было выдано официальное разрешение.

## **СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ**

Chopra, O.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
Duong, M.	Международное агентство по атомной энергии
Faya, A.	Комиссия по ядерной безопасности, Канада
Saito, T.	Международное агентство по атомной энергии



## ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ

*Звездочкой (\*) отмечены члены-корреспонденты. Членам-корреспондентам направляются проекты документов для замечаний, а также другая документация, но они, как правило, не принимают участия в работе совещаний.*

### **Комиссия по нормам безопасности**

*Аргентина: Oliveira, A.; Бразилия: Caubit da Silva, A.; Канада: Pereira, J.K.; Франция: Gauvain, J.; Lacoste, A.-C.; Германия: Renneberg, W.; Индия: Sukhatme, S.P.; Япония: Tobioka, T.; Suda, N.; Корея, Республика: Eun, S.; Российская Федерация: Малышев, А.Б.; Вишневский, Ю.Г.; Испания: Azuaga, J.A.; Santoma, L.; Швеция: Holm, L.-E.; Швейцария: Schmocker, U.; Украина: Грищенко, В.; Соединенное Королевство: Hall, A.; Williams, L.G. (председатель); Соединенные Штаты Америки: Travers, W.D.; МАГАТЭ: Karbassioun, A. (координатор); Международная комиссия по радиологической защите: Clarke, R.H.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Shimomura, K.*

### **Комитет по нормам ядерной безопасности**

*Аргентина: Sajaroff, P.; Австралия: MacNab, D.; \*Беларусь: Судаков, И.; Бельгия: Govaerts, P.; Бразилия: Salati de Almeida, I.P.; Болгария: Ганчев, Т.; Канада: Hawley, P.; Китай: Wang, J.; Чешская Республика: Böhm, K.; \*Египет: Hassib, G.; Финляндия: Reiman, L. (председатель); Франция: Saint Raymond, P.; Германия: Feige, G.; Венгрия: Vöröss, L.; Индия: Kushwaha, H.S.; Ирландия: Hone, C.; Израиль: Hirshfeld, H.; Япония: Yamamoto, T.; Корея, Республика: Lee, J.-I.; Литва: Demcenko, M.; \*Мексика: Delgado Guardado, J.L.; Нидерланды: de Munk, P.; \*Пакистан: Hashimi, J.A.; \*Перу: Ramírez Quijada, R.; Российская Федерация: Баклушин, Р.П.; Южная Африка: Bester, P.J.; Испания: Mellado, I.; Швеция: Jende, E.; Швейцария: Aeberli, W.; \*Таиланд: Tanipanichskul, P.; Турция: Alten, S.; Соединенное Королевство: Hall, A.; Соединенные Штаты Америки: Mayfield, M.E.; Европейская комиссия: Schwartz, J.-C.; МАГАТЭ: Bevington, L. (координатор); Международная организация по стандартизации: Nigon, J.L.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Hrehor, M.*

## Комитет по нормам радиационной безопасности

*Аргентина:* Rojkind, R.H.A.; *Австралия:* Melbourne, A.; *\*Беларусь:* Рыдлевский, Л.; *Бельгия:* Smeesters, P.; *Бразилия:* Amaral, E.; *Канада:* Bundy, K.; *Китай:* Yang, H.; *Куба:* Betancourt Hernandez, A.; *Чешская Республика:* Drabova, D.; *Дания:* Ulbak, K.; *\*Египет:* Hanna, M.; *Финляндия:* Markkanen, M.; *Франция:* Piechowski, J.; *Германия:* Landfermann, H.; *Венгрия:* Koblinger, L.; *Индия:* Sharma, D.N.; *Ирландия:* Colgan, T.; *Израиль:* Laichter, Y.; *Италия:* Sgrilli, E.; *Япония:* Yamaguchi, J.; *Корея, Республика:* Kim, C.W.; *\*Мадагаскар:* Andriambololona, R.; *\*Мексика:* Delgado Guardado, J.L.; *\*Нидерланды:* Zuur, C.; *Норвегия:* Saxebol, G.; *\*Перу:* Medina Gironzini, E.; *Польша:* Merta, A.; *Российская Федерация:* Кутков, В.; *Словакия:* Jurina, V.; *Южная Африка:* Olivier, J.H.I.; *Испания:* Amor, I.; *Швеция:* Hofvander, P.; *Мoberg, L.; Швейцария:* Pfeiffer, H.J.; *\*Таиланд:* Pongpat, P.; *Турция:* Uslu, I.; *Украина:* Лихтарев, И.А.; *Соединенное Королевство:* Robinson, I. (председатель); *Соединенные Штаты Америки:* Paperiello, C.; *Европейская комиссия:* Janssens, A.; *МАГАТЭ:* Boal, T. (координатор); *Международная комиссия по радиологической защите:* Valentin, J.; *Международное бюро труда:* Niu, S.; *Международная организация по стандартизации:* Perrin, M.; *Международная ассоциация радиационной защиты:* Webb, G.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Lazo, T.; *Панамериканская организация здравоохранения:* Jimenez, P.; *Научный комитет ООН по действию атомной радиации:* Gentner, N.; *Всемирная организация здравоохранения:* Carr, Z.

## Комитет по нормам безопасности перевозки

*Аргентина:* López Vietri, J.; *Австралия:* Colgan, P.; *\*Беларусь:* Зайцев, С.; *Бельгия:* Cottens, E.; *Бразилия:* Mezrahi, A.; *Болгария:* Бакалова, А.; *Канада:* Viglasky, T.; *Китай:* Pu, Y.; *\*Дания:* Hannibal, L.; *Египет:* El-Shinawy, R.M.K.; *Франция:* Aguilar, J.; *Германия:* Rein, H.; *Венгрия:* Sáfár, J.; *Индия:* Nandakumar, A.N.; *Ирландия:* Duffy, J.; *Израиль:* Koch, J.; *Италия:* Trivelloni, S.; *Япония:* Saito, T.; *Корея, Республика:* Kwon, S.-G.; *Нидерланды:* Van Halem, H.; *Норвегия:* Hornkjøl, S.; *\*Перу:* Regalado Campaña, S.; *Румыния:* Vieru, G.; *Российская Федерация:* Ершов, В.Н.; *Южная Африка:* Jutle, K.; *Испания:* Zamora Martin, F.; *Швеция:* Pettersson, B.G.; *Швейцария:* Knecht, B.; *\*Таиланд:* Jerachanchai, S.; *Турция:* Köksal, M.E.; *Соединенное Королевство:* Young, C.N. (председатель); *Соединенные Штаты Америки:* Brach, W.E.; McGuire, R.; *Европейская комиссия:* Rossi, L.; *Международная ассоциация воздушного транспорта:* Abouchaar, J.; *МАГАТЭ:* Wangler, M.E. (координатор); *Международная организация гражданской авиации:* Rooney, K.; *Международная федерация*

ассоциаций линейных пилотов: Tisdall, A.; Международная морская организация: Rahim, I.; Международная организация по стандартизации: Malesys, P.; Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций: Kervella, O.; Всемирный институт по ядерным перевозкам: Lesage, M.

#### **Комитет по нормам безопасности отходов**

*Аргентина*: Siraky, G.; *Австралия*: Williams, G.; *\*Беларусь*: Роздяловская, Л.; *Бельгия*: Baekelandt, L. (председатель); *Бразилия*: Xavier, A.; *\*Болгария*: Симеонов, Г.; *Канада*: Ferch, R.; *Китай*: Fan, Z.; *Куба*: Benitez, J.; *\*Дания*: Øhlenschlaeger, M.; *\*Египет*: Al Adham, K.; Al Sorogi, M.; *Финляндия*: Ruokola, E.; *Франция*: Averous, J.; *Германия*: von Dobschütz, P.; *Венгрия*: Czoch, I.; *Индия*: Raj, K.; *Ирландия*: Pollard, D.; *Израиль*: Avraham, D.; *Италия*: Dionisi, M.; *Япония*: Irie, K.; *Корея, Республика*: Song, W.; *\*Мадагаскар*: Andriambololona, R.; *Мексика*: Aguirre Gómez, J.; Delgado Guardado, J.; *Нидерланды*: Selling, H.; *\*Норвегия*: Sorlie, A.; *Пакистан*: Hussain, M.; *\*Перу*: Gutierrez, M.; *Российская Федерация*: Полуэктов, П.П.; *Словакия*: Konecny, L.; *Южная Африка*: Pather, T.; *Испания*: López de la Higuera, J.; Ruiz López, C.; *Швеция*: Wingefors, S.; *Швейцария*: Zurkinden, A.; *\*Таиланд*: Wangcharoenroong, B.; *Турция*: Osmanlioglu, A.; *Соединенное Королевство*: Wilson, C.; *Соединенные Штаты Америки*: Greeves, J.; Wallo, A.; *Европейская комиссия*: Taylor, D.; *МАГАТЭ*: Hioki, K. (координатор); *Международная комиссия по радиологической защите*: Valentin, J.; *Международная организация по стандартизации*: Hutson, G.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Riotte, H.

---

---

---

---

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА  
ISBN 978-92-0-403208-6  
ISSN 1020-5845