

Нормы безопасности МАГАТЭ

для защиты людей и охраны окружающей среды

Инженерия человеческих факторов при проектировании атомных электростанций

Специальное руководство по безопасности
№ SSG-51



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

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

Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ. В этой серии охватываются вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов. **Категории публикаций в этой серии — это Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности.**

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

www.iaea.org/ru/resursy/normy-bezopasnosti

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, испанском, китайском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и доклад о ходе работы над еще не выпущенными нормами безопасности. Для получения дополнительной информации просьба обращаться в МАГАТЭ по адресу: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria.

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

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

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

Доклады по вопросам безопасности в ядерной деятельности выпускаются в качестве **докладов по безопасности**, в которых приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности.

Другие публикации МАГАТЭ по вопросам безопасности выпускаются в качестве публикаций по **аварийной готовности и реагированию, докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ** — Международной группы по ядерной безопасности, **технических докладов** и документов серии **ТЕСДОС**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиологическим авариям, учебные пособия и практические руководства, а также другие специальные публикации по вопросам безопасности.

Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности**.

Серия изданий МАГАТЭ по ядерной энергии состоит из информационных публикаций, предназначенных способствовать и содействовать научно-исследовательской работе в области ядерной энергии, а также развитию ядерной энергии и ее практическому применению в мирных целях. В ней публикуются доклады и руководства о состоянии технологий и успехах в их совершенствовании, об опыте, образцовой практике и практических примерах в области ядерной энергетики, ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами и снятия с эксплуатации.

ИНЖЕНЕРИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

АВСТРАЛИЯ	ЙЕМЕН	ПОЛЬША
АВСТРИЯ	КАБО-ВЕРДЕ	ПОРТУГАЛИЯ
АЗЕРБАЙДЖАН	КАЗАХСТАН	РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА
АЛБАНИЯ	КАМБОДЖА	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
АЛЖИР	КАМЕРУН	РУАНДА
АНГОЛА	КАНАДА	РУМЫНИЯ
АНТИГУА И БАРБУДА	КАТАР	САЛЬВАДОР
АРГЕНТИНА	КЕНИЯ	САМОА
АРМЕНИЯ	КИПР	САН-МАРИНО
АФГАНИСТАН	КИТАЙ	САУДОВСКАЯ АРАВИЯ
БАГАМСКИЕ ОСТРОВА	КОЛУМБИЯ	СВЯТОЙ ПРЕСТОЛ
БАНГЛАДЕШ	КОМОРСКИЕ ОСТРОВА	СЕВЕРНАЯ МАКЕДОНИЯ
БАРБАДОС	КОНГО	СЕЙШЕЛЬСКИЕ ОСТРОВА
БАХРЕЙН	КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА	СЕНЕГАЛ
БЕЛАРУСЬ	КОСТА-РИКА	СЕНТ-ВИНСЕНТ И ГРЕНАДИНЫ
БЕЛИЗ	КОТ-Д'ИВУАР	СЕНТ-КИТС И НЕВИС
БЕЛЬГИЯ	КУБА	СЕНТ-ЛЮСИЯ
БЕНИН	КУВЕЙТ	СЕРБИЯ
БОЛГАРИЯ	КЫРГЫЗСТАН	СИНГАПУР
БОЛИВИЯ, МНОГОНАЦИОНАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВО	ЛАОССКАЯ НАРОДНО- ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА	СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА
БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА	ЛАТВИЯ	СЛОВАКИЯ
БОТСВАНА	ЛЕСОТО	СЛОВЕНИЯ
БРАЗИЛИЯ	ЛИБЕРИЯ	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ
БРУНЕЙ-ДАРУССАЛАМ	ЛИВАН	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
БУРКИНА-ФАСО	ЛИВИЯ	СУДАН
БУРУНДИ	ЛИТВА	СЬЕРРА-ЛЕОНЕ
ВАНУАТУ	ЛИХТЕНШТЕЙН	ТАДЖИКИСТАН
ВЕНЕСУЭЛА, БОЛИВАРИАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ЛЮКСЕМБУРГ	ТАИЛАНД
ВЬЕТНАМ	МАВРИКИЙ	ТОГО
ГАБОН	МАВРИТАНИЯ	ТОНГА
ГАИТИ	МАДАГАСКАР	ТРИНИДАД И ТОБАГО
ГАЙАНА	МАЛАВИ	ТУНИС
ГАМБИЯ	МАЛАЙЗИЯ	ТУРКМЕНИСТАН
ГАНА	МАЛИ	ТУРЦИЯ
ГВАТЕМАЛА	МАЛЬТА	УГАНДА
ГВИНЕЯ	МАРОККО	УЗБЕКИСТАН
ГЕРМАНИЯ	МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА	УКРАИНА
ГОНДУРАС	МЕКСИКА	УРУГВАЙ
ГРЕНАДА	МОЗАМБИК	ФИДЖИ
ГРЕЦИЯ	МОНАКО	ФИЛИППИНЫ
ГРУЗИЯ	МОНГОЛИЯ	ФИНЛЯНДИЯ
ДАНИЯ	МЬЯНМА	ФРАНЦИЯ
ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА КОНГО	НАМИБИЯ	ХОРВАТИЯ
ДЖИБУТИ	НЕПАЛ	ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ДОМИНИКА	НИГЕР	ЧАД
ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	НИГЕРИЯ	ЧЕРНОГОРИЯ
ЕГИПЕТ	НИДЕРЛАНДОВ, КОРОЛЕВСТВО	ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ЗАМБИЯ	НИКАРАГУА	ЧИЛИ
ЗИМБАБВЕ	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	ШВЕЙЦАРИЯ
ИЗРАИЛЬ	НОРВЕГИЯ	ШВЕЦИЯ
ИНДИЯ	ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА ТАНЗАНИЯ	ШРИ-ЛАНКА
ИНДОНЕЗИЯ	ОБЪЕДИНЕННЫЕ АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ	ЭКВАДОР
ИОРДАНИЯ	ОМАН	ЭРИТРЕЯ
ИРАК	ПАКИСТАН	ЭСВАТИНИ
ИРАН, ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ПАЛАУ	ЭСТОНИЯ
ИРЛАНДИЯ	ПАНАМА	ЭФИОПИЯ
ИСЛАНДИЯ	ПАПАУА — НОВАЯ ГВИНЕЯ	ЮЖНАЯ АФРИКА
ИСПАНИЯ	ПАРАГВАЙ	ЯМАЙКА
ИТАЛИЯ	ПЕРУ	ЯПОНИЯ

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральном учреждении 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 БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ, № SSG-51

ИНЖЕНЕРИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

СПЕЦИАЛЬНОЕ РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2024 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены положениями Всемирной конвенции об авторском праве, принятой в 1952 году (Женева) и пересмотренной в 1971 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, может потребоваться разрешение. Более подробная информация приводится на странице <https://www.iaea.org/ru/publikacii/prava-i-razresheniya>. Вопросы следует направлять по адресу:

Издательская секция (Publishing Section)
Международное агентство по атомной энергии
Венский международный центр
а/я 100
1400 Вена, Австрия
тел.: +43 1 2600 22529 или 22530
эл. почта: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/ru/publikacii>

© МАГАТЭ, 2024

Отпечатано МАГАТЭ в Австрии
Сентябрь 2024 года
STI/PUB/1843

ИНЖЕНЕРИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ
МАГАТЭ, ВЕНА, 2024 ГОД
STI/PUB/1843
ISBN 978-92-0-445623-3 (ПЕЧАТНЫЙ ФОРМАТ)
ISBN 978-92-0-445523-6 (ФОРМАТ PDF)
ISSN 1020-5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

Устав МАГАТЭ уполномочивает Агентство «устанавливать или применять ... нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества» — нормы, которые МАГАТЭ должно использовать в своей собственной работе и которые государства могут применять посредством их включения в свои регулирующие положения в области ядерной и радиационной безопасности. МАГАТЭ осуществляет это в консультации с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями. Всеобъемлющий свод высококачественных и регулярно пересматриваемых норм безопасности наряду с помощью МАГАТЭ в их применении является ключевым элементом стабильного и устойчивого глобального режима безопасности.

МАГАТЭ начало осуществлять свою программу по нормам безопасности в 1958 году. Значение, уделяемое качеству, соответствию поставленной цели и постоянному совершенствованию, лежит в основе широкого применения норм МАГАТЭ во всем мире. Серия норм безопасности теперь включает единообразные основополагающие принципы безопасности, которые выработаны на основе международного консенсуса в отношении того, что должно пониматься под высоким уровнем защиты и безопасности. При твердой поддержке со стороны Комиссии по нормам безопасности МАГАТЭ проводит работу с целью содействия глобальному признанию и использованию своих норм.

Однако нормы эффективны лишь тогда, когда они надлежащим образом применяются на практике. Услуги МАГАТЭ в области безопасности охватывают вопросы проектирования, выбора площадки и инженерно-технической безопасности, эксплуатационной безопасности, радиационной безопасности, безопасной перевозки радиоактивных материалов и безопасного обращения с радиоактивными отходами, а также вопросы государственной основы, регулирования и культуры безопасности в организациях. Эти услуги в области безопасности содействуют государствам-членам в применении норм и позволяют обмениваться ценным опытом и данными.

Ответственность за деятельность по регулированию безопасности возлагается на страны, и многие государства принимают решения применять нормы МАГАТЭ по безопасности в своих национальных регулирующих положениях. Для сторон различных международных конвенций по безопасности нормы МАГАТЭ являются согласованным и надежным средством обеспечения эффективного выполнения обязательств, вытекающих из этих конвенций. Эти нормы применяются также

регулирующими органами и операторами во всем мире в целях повышения безопасности при производстве ядерной энергии и применении ядерных методов в медицине, промышленности, сельском хозяйстве и научных исследованиях.

Безопасность — это не самоцель, а необходимое условие защиты людей во всех государствах и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Риски, связанные с ионизирующими излучениями, должны оцениваться и контролироваться без неоправданного ограничения вклада ядерной энергии в справедливое и устойчивое развитие. Правительства, регулирующие органы и операторы во всем мире должны обеспечивать, чтобы ядерный материал и источники излучения использовались для всеобщего блага, в условиях безопасности и с учетом мнения общественности. Для содействия этому предназначены нормы МАГАТЭ по безопасности, которые я призываю применять все государства-члены.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиоактивность — это естественное явление, и в окружающей среде присутствуют природные (естественные) источники излучения. Ионизирующие излучения и радиоактивные вещества с пользой применяются во многих сферах — от производства энергии до использования в медицине, промышленности и сельском хозяйстве. Радиационные риски, которым в результате этих применений могут подвергаться работники, население и окружающая среда, подлежат оценке и должны в случае необходимости контролироваться.

Поэтому такая деятельность, как медицинское использование излучения, эксплуатация ядерных установок, производство, перевозка и использование радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами, должна осуществляться в соответствии с нормами безопасности.

Ответственность за регулирование в области безопасности возлагается на государства. Однако радиационные риски могут выходить за пределы национальных границ, и в рамках международного сотрудничества принимаются меры по обеспечению и укреплению безопасности в глобальном масштабе посредством обмена опытом и расширения возможностей для контроля опасностей, предотвращения аварий, реагирования в случае аварийных ситуаций и смягчения любых вредных последствий.

Государства обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую осторожность, и предполагается, что они будут выполнять свои национальные и международные обязательства.

Международные нормы безопасности содействуют выполнению государствами своих обязательств согласно общим принципам международного права, например, касающимся охраны окружающей среды. Кроме того, международные нормы безопасности укрепляют и обеспечивают уверенность в безопасности и способствуют международной торговле.

Глобальный режим ядерной безопасности постоянно совершенствуется. Нормы безопасности МАГАТЭ, которые поддерживают осуществление имеющих обязательную силу международных договорно-правовых документов и функционирование национальных инфраструктур безопасности, являются краеугольным камнем этого глобального режима.

Нормы безопасности МАГАТЭ представляют собой полезный инструмент, с помощью которого договаривающиеся стороны оценивают свою деятельность по выполнению этих конвенций.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Статус норм безопасности МАГАТЭ вытекает из Устава МАГАТЭ, которым МАГАТЭ уполномочивается устанавливать и применять, в консультации и в надлежащих случаях в сотрудничестве с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями, нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

В целях обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения нормы безопасности МАГАТЭ устанавливают основополагающие принципы безопасности, требования и меры для обеспечения контроля за радиационным облучением людей и выбросом радиоактивного материала в окружающую среду, ограничения вероятности событий, которые могут привести к утрате контроля за активной зоной ядерного реактора, ядерной цепной реакцией, радиоактивным источником или любым другим источником излучения, и смягчения последствий таких событий в случае, если они будут иметь место. Нормы касаются установок и деятельности, связанных с радиационными рисками, включая ядерные установки, использование радиационных и радиоактивных источников, перевозку радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами.

Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности¹ преследуют общую цель защиты жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды. Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности должны разрабатываться и осуществляться комплексно таким образом, чтобы меры по обеспечению физической безопасности не осуществлялись в ущерб безопасности, и наоборот, чтобы меры по обеспечению безопасности не осуществлялись в ущерб физической безопасности.

¹ См. также публикации в серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности.

Нормы безопасности МАГАТЭ отражают международный консенсус в отношении того, что является основой высокого уровня безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Они выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ, которая состоит из документов трех категорий (см. рис. 1).

Основы безопасности

Основы безопасности содержат основополагающие цели и принципы защиты и безопасности и служат основой для требований безопасности.

Требования безопасности

Комплексный и согласованный свод требований безопасности устанавливает требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Эти требования устанавливаются в соответствии с целями и принципами, изложенными в Основах безопасности. Если требования не выполняются, то должны приниматься меры для



РИС. 1. Долгосрочная структура Серии норм безопасности МАГАТЭ.

достижения или восстановления требуемого уровня безопасности. Формат и стиль требований облегчают их гармоничное использование для создания национальной основы регулирования. Требования, включая пронумерованные всеобъемлющие требования, выражаются формулировками «должен, должна, должно, должны». Многие требования конкретно не адресуются, а это означает, что за их выполнение отвечают соответствующие стороны.

Руководства по безопасности

В руководствах по безопасности содержатся рекомендации и руководящие материалы, касающиеся выполнения требований безопасности, и в них выражается международный консенсус в отношении необходимости принятия рекомендуемых мер (или эквивалентных альтернативных мер). В руководствах по безопасности представлена международная надлежащая практика, и они во все большей степени отражают наилучшую практику, помогающую пользователям достичь высокого уровня безопасности. Рекомендации, содержащиеся в руководствах по безопасности, формулируются с применением глагола «следует».

ПРИМЕНЕНИЕ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Основными пользователями норм безопасности в государствах — членах МАГАТЭ являются регулирующие и другие соответствующие государственные органы. Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ используются другими организациями-спонсорами и многочисленными организациями, которые занимаются проектированием, сооружением и эксплуатацией ядерных установок, а также организациями, участвующими в использовании радиационных и радиоактивных источников.

Нормы безопасности МАГАТЭ применяются в соответствующих случаях на протяжении всего жизненного цикла всех имеющихся и новых установок, используемых в мирных целях, и на протяжении всей нынешней и новой деятельности в мирных целях, а также в отношении защитных мер, применяемых с целью уменьшения существующих радиационных рисков. Они могут использоваться государствами в качестве основы для национальных регулирующих положений в отношении установок и деятельности.

Согласно Уставу МАГАТЭ нормы безопасности являются обязательными для МАГАТЭ применительно к его собственной деятельности, а также для государств применительно к работе, выполняемой с помощью МАГАТЭ.

Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ формируют основу для услуг МАГАТЭ по рассмотрению безопасности, и они используются МАГАТЭ для повышения компетентности, включая разработку учебных планов и проведение учебных курсов.

Международные конвенции содержат требования, которые аналогичны требованиям, изложенным в нормах безопасности МАГАТЭ, и являются обязательными для договаривающихся сторон. Нормы безопасности МАГАТЭ, подкрепляемые международными конвенциями, отраслевыми стандартами и подробными национальными требованиями, создают прочную основу для защиты людей и охраны окружающей среды. Существуют также некоторые особые вопросы безопасности, требующие оценки на национальном уровне. Например, многие нормы безопасности МАГАТЭ, особенно нормы, посвященные вопросам планирования или разработки мер по обеспечению безопасности, предназначаются, прежде всего, для применения к новым установкам и видам деятельности. На некоторых существующих установках, сооруженных в соответствии с нормами, принятыми ранее, не возможно выполнять в полном объеме требования, установленные в нормах безопасности МАГАТЭ. Вопрос о том, как нормы безопасности МАГАТЭ должны применяться на таких установках, решают сами государства.

Научные соображения, лежащие в основе норм безопасности МАГАТЭ, обеспечивают объективную основу для принятия решений по вопросам безопасности; однако органы, отвечающие за принятие решений, должны также выносить обоснованные суждения, а также должны определять, как обеспечить оптимальный баланс между пользой от принимаемых мер или осуществляемых мероприятий и связанными с ними радиационными рисками и любыми иными негативными последствиями применения этих мер или мероприятий.

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Подготовкой и рассмотрением норм безопасности занимаются Секретариат МАГАТЭ и пять комитетов по нормам безопасности, охватывающих аварийную готовность и реагирование (ЭПРеСК), ядерную безопасность (НУССК), радиационную безопасность (РАССК), безопасность радиоактивных отходов (ВАССК) и безопасную перевозку радиоактивных материалов (ГРАССК), а также Комиссия по нормам безопасности (КНБ), которая осуществляет надзор за программой по нормам безопасности МАГАТЭ (см. рис. 2).



РИС. 2. Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

Все государства — члены МАГАТЭ могут назначать экспертов в комитеты по нормам безопасности и представлять замечания по проектам норм. Члены Комиссии по нормам безопасности назначаются Генеральным директором, и в ее состав входят старшие правительственные должностные лица, несущие ответственность за установление национальных норм.

Для осуществления процессов планирования, разработки, рассмотрения, пересмотра и установления норм безопасности МАГАТЭ создана система управления. Особое место в ней занимают мандат МАГАТЭ, видение будущего применения норм, политики и стратегий безопасности и соответствующие функции и обязанности.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

При разработке норм безопасности МАГАТЭ учитываются выводы Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и рекомендации международных экспертных органов, в частности, Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Некоторые нормы безопасности разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Программу Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Относящиеся к ядерной и физической безопасности термины следует понимать так, как они представлены в Глоссарии МАГАТЭ по ядерной и физической безопасности (см. <https://www.iaea.org/resources/publications/iaea-nuclear-safety-and-security-glossary>). Во всех остальных случаях в издании на английском языке слова используются с написанием и значением, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. Для руководств по безопасности аутентичным текстом является английский вариант.

Общие сведения и соответствующий контекст норм в Серии норм безопасности МАГАТЭ, а также их цель, сфера применения и структура приводятся в разделе 1 «Введение» каждой публикации.

Материал, который нецелесообразно включать в основной текст (например, материал, являющийся вспомогательным или отдельным от основного текста, дополняет формулировки основного текста или описывает методы расчетов, процедуры или пределы и условия), может быть представлен в дополнениях или приложениях.

Дополнение, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм безопасности. Материал в дополнении имеет тот же статус, что и основной текст, и МАГАТЭ берет на себя авторство в отношении такого материала. Приложения и сноски к основному тексту, если они включены, используются для предоставления практических примеров или дополнительной информации или пояснений. Приложения и сноски не являются неотъемлемой частью основного текста. Материал

в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях к нормам безопасности может быть представлен материал, имеющий другое авторство. Посторонний материал, публикуемый в приложениях, приводится в виде выдержек и адаптируется по мере необходимости, с тем чтобы быть в целом полезным.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
	Общие сведения (1.1–1.7)	1
	Цель (1.8–1.9)	3
	Область применения (1.10–1.14)	3
	Структура (1.15)	4
2.	УПРАВЛЕНИЕ ПРОГРАММОЙ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	4
	Общие положения (2.1–2.18)	4
	Модель процесса, связанного с инженерией человеческих факторов (2.19)	7
	Мероприятия по инженерии человеческих факторов в рамках инженерного проекта (2.20–2.29)	7
3.	АНАЛИЗ	11
	Анализ опыта эксплуатации (3.1–3.7)	11
	Функциональный анализ (3.8–3.16)	13
	Распределение функций (3.17–3.27)	14
	Анализ задач (3.28–3.45)	16
	Анализ штатного расписания, организационной структуры и квалификации (3.46–3.53)	19
	Отношение к выполнению важных задач человека (3.54–3.59) ..	21
4.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ	22
	Общие положения (4.1–4.74)	22
	Применение инженерии человеческих факторов при проектировании доступной среды и рабочего пространства (4.75–4.80)	34
	Блочный пункт управления (4.81–4.125)	35
	Дополнительный пункт управления (4.126–4.134)	42
	Службы аварийного реагирования на площадке (4.135–4.142) ..	43
	Управление сигнализацией (4.143–4.176)	45
	Разработка регламентов (4.177–4.185)	51
	Разработка учебных программ (4.186–4.191)	52

5.	ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	53
	Общие положения (5.1–5.10)	53
	Планирование верификации и валидации (5.11–5.20)	55
	Методы тестирования (5.21–5.23)	57
	Показатели эффективности (5.24–5.25)	58
	Критерии верификации (5.26–5.27)	59
	Валидационное тестирование (5.28–5.29)	59
	Сбор данных (5.30–5.35)	60
	Анализ данных (5.36–5.40)	61
	Результаты (5.41–5.44)	62
6.	ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОЕКТА С УЧЕТОМ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ (6.1–6.7)	62
7.	МОНИТОРИНГ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА (7.1–7.4)	65
8.	ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕДУР	66
	Общие положения (8.1–8.5)	66
	Человеко-машинный интерфейс систем компьютеризированных процедур (8.6–8.9)	67
	Взаимодействие с системой компьютеризированных процедур (8.10–8.20)	68
	Функциональные возможности системы компьютеризированных процедур (8.21–8.25)	70
	Деградация и сбои в работе системы компьютеризированных процедур (8.26–8.33)	71
	Автоматическая последовательность шагов в компьютеризированных процедурах (8.34–8.51)	72
9.	ИНТЕГРАЦИЯ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	74
	Подготовка и рассмотрение отчета по обоснованию безопасности (9.1–9.6)	74
	Модификации на станции (9.7–9.12)	75

Периодическая экспертиза безопасности (9.13–9.18)	76
10. ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВЫБОРЕ И ЗАКУПКЕ ПРОДУКЦИИ (10.1).....	77
Средства индивидуальной защиты (10.2–10.5).....	77
Готовые коммерческие продукты (10.6–10.10).....	78
Мобильные устройства (10.11–10.19)	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
ПРИЛОЖЕНИЕ: БИБЛИОГРАФИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ПО СИСТЕМАМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ И ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.....	83
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	93
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ.....	95

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. В настоящем Руководстве по безопасности содержатся рекомендации по применению инженерии человеческих факторов (ИЧФ)¹ для выполнения требований, установленных в публикациях Серии норм безопасности МАГАТЭ, №№ SSR-2/1 (Rev. 1) «Безопасность атомных электростанций: проектирование» [1], SSR-2/2 (Rev. 1) «Безопасность атомных электростанций: ввод в эксплуатацию и эксплуатация» [2] и GSR Part 4 (Rev. 1) «Оценка безопасности установок и деятельности» [3].

1.2. В настоящем Руководстве по безопасности учтены наработки, опыт и практика интеграции ИЧФ в процесс проектирования атомных электростанций на протяжении всего срока их службы. В нем упомянуты и учтены другие публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, имеющие отношение к интеграции ИЧФ в процесс проектирования. К ним относятся публикация Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 2 «Лидерство и менеджмент для обеспечения безопасности» [4], а также дополняющие ее руководства по безопасности из Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.1 «Применение системы управления для установок и деятельности» [5] и GS-G-3.5 «Система управления для ядерных установок» [6].

1.3. В настоящем Руководстве по безопасности приводятся руководящие указания по следующим основным темам:

- процессы ИЧФ, которые должны применяться при проектировании человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) для всех состояний станции с целью обеспечить соблюдение требований, установленных в SSR-2/1 (Rev. 1) [1];
- интеграция ИЧФ в процесс проектирования атомной электростанции на протяжении всего срока ее службы с целью обеспечить соблюдение требований, установленных в GSR Part 2 [4];

¹ «Инженерия человеческих факторов» — это инженерная дисциплина, в которой рассматриваются и учитываются факторы, способные влиять на эффективность действий человека и воздействовать на безопасность, в особенности при проектировании и эксплуатации установок.

- мониторинг и оценка действий человека на протяжении всего срока службы атомной электростанции;
- интеграция ИЧФ в процессы обеспечения безопасности, применения и выбор продукции.

1.4. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются вопросы ИЧФ применительно к ряду важных процессов, связанных с проектированием, таких как:

- подготовка и рассмотрение отчета по обоснованию безопасности;
- модификации на станции с целью обеспечить соблюдение требований, установленных в SSR-2/2 (Rev. 1) [2];
- периодическая экспертиза безопасности.

1.5. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются соответствующие вопросы ИЧФ применительно к разработке и использованию компьютеризированных процедур.

1.6. В данном Руководстве по безопасности рассматриваются соответствующие аспекты ИЧФ при выборе, закупке, интеграции и использовании в существующих станционных системах ряда продуктов, таких как:

- средства индивидуальной защиты (например, средства индивидуальной защиты, используемые во время технического обслуживания, инспекций, мониторинга аварий и эксплуатации оборудования для смягчения последствий тяжелых аварий);
- готовые коммерческие продукты;
- мобильные устройства (например, ручные, портативные и носимые устройства).

1.7. Дополнительные руководящие указания по применению ИЧФ при проектировании и разработке ЧМИ могут быть получены от организаций, разрабатывающих отраслевые стандарты (см. приложение). Такие стандарты содержат значительно больший объем деталей, чем это требуется нормами безопасности МАГАТЭ. Предполагается, что настоящее Руководство по безопасности будет применяться вместе с такими детальными отраслевыми стандартами.

ЦЕЛЬ

1.8. Цель настоящего Руководства по безопасности — изложить структурированный подход к применению ИЧФ при разработке и модификации ЧМИ и дать соответствующие руководящие указания, с тем чтобы минимизировать риск человеческих ошибок и оптимизировать действия человека для обеспечения безопасной эксплуатации атомных электростанций.

1.9. В Руководстве по безопасности определена исходная информация, необходимая для проектирования и валидации ЧМИ, которая является основой физических и когнитивных процессов человека.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.10. Настоящее Руководство по безопасности применимо главным образом к наземным, стационарным, коммерческим атомным электростанциям. С известной долей осмотрительности его также можно применить к реакторам других типов (например, к малым модульным реакторам), чтобы определить, какие рекомендации следует принимать во внимание при проектировании.

1.11. Рекомендации данного Руководства по безопасности должны применяться в соответствии с дифференцированным подходом, описанным в GSR Part 2 [4].

1.12. Настоящее Руководство по безопасности относится к применению ИЧФ при проектировании, эксплуатации и техническом обслуживании ЧМИ на новых станциях, а также при модификации ЧМИ существующих станций.

1.13. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для организаций, которые занимаются вопросами проектирования, изготовления, строительства, модификации, технического обслуживания, эксплуатации и вывода из эксплуатации атомных электростанций, вопросами анализа, верификации, валидации, внедрения и мониторинга и оказанием технической поддержки, а также для регулирующих органов.

1.14. В настоящем Руководстве по безопасности не рассматривается применение ИЧФ для нужд физической ядерной безопасности.

СТРУКТУРА

1.15. В разделе 2 содержатся руководящие указания по управлению программой ИЧФ. В разделе 3 даются рекомендации по анализу опыта эксплуатации; функциональному анализу; распределению функций; анализу задач; анализу штатного расписания, организационной структуры и квалификации; отношению к выполнению важных задач человека. В разделе 4 даются рекомендации по применению ИЧФ при проектировании. В разделе 5 приводятся руководящие указания по верификации и валидации с точки зрения человеческих факторов в процессе проектирования. В разделе 6 даются рекомендации по осуществлению проекта ЧМИ. В разделе 7 даются рекомендации относительно функционирования систем при эксплуатации станции в части, касающейся мониторинга действий человека. В разделе 8 приводятся рекомендации по применению ИЧФ при разработке компьютеризированных процедур. В разделе 9 даются рекомендации по интеграции ИЧФ в процессы обеспечения безопасности. В разделе 10 содержатся рекомендации по применению ИЧФ при определении характеристик и выборе продукции для закупок на субподрядной основе. В приложении приведен список международных отраслевых стандартов для систем контроля и управления (СКУ) и ИЧФ, которые тесно связаны с основными темами настоящего Руководства по безопасности.

2. УПРАВЛЕНИЕ ПРОГРАММОЙ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. В публикации GSR Part 2 [4] установлены требования к системе менеджмента для всех типов установок и деятельности.

2.2. Требование 6 GSR Part 2 [4] гласит: **«В систему менеджмента должны быть интегрированы ее элементы, включающие обеспечение безопасности, охрану здоровья и окружающей среды, обеспечение физической безопасности, обеспечение качества, человеческий и организационный факторы, социальные и экономические элементы, с тем чтобы не допускать возникновения угрозы для безопасности».**

2.3. В GSR Part 2 [4], пункт 4.24, говорится следующее:

«Компетенции, которые необходимо устойчиво поддерживать в организации, должны включать: компетенции в области лидерства на всех уровнях менеджмента; компетенции в области формирования и устойчивого поддержания высокой культуры безопасности; экспертные знания для понимания технических, человеческих и организационных факторов, имеющих отношение к установке или деятельности, с целью обеспечения безопасности».

2.4. ИЧФ следует применять для того, чтобы успешно интегрировать характеристики и возможности человека с проектированием, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией и техническим обслуживанием атомной электростанции.

2.5. Интеграция ИЧФ в процесс проектирования должна планироваться и документально фиксироваться, и она должна быть неотъемлемой частью любого проекта атомной электростанции.

2.6. Должна быть разработана и документально оформлена программа ИЧФ.

2.7. В программе ИЧФ атомная электростанция должна рассматриваться как система, включающая в себя людей, технологию и организацию, и должно учитываться динамичное взаимодействие как внутри групп, так и между группами всех соответствующих факторов:

- человеческие факторы (например, знания и экспертный потенциал, познавательная способность, ожидаемые результаты работы, мотивация, стресс, сила и антропометрические данные);
- технические факторы (например, технология, включая органы управления и средства отображения информации, программное обеспечение, аппаратные средства, инструменты, оборудование, проект станции и станционные процессы);
- организационные факторы (например, система менеджмента, организационная структура, управление, ресурсы, штатное расписание, а также роли и обязанности руководителей и другого персонала станции).

2.8. Люди, технология и организация, а также взаимодействие между ними должны рассматриваться комплексно на протяжении всего периода планирования и выполнения программы ИЧФ, при проектировании ЧМИ и при выделении ресурсов во всех состояниях станции.

2.9. В программе ИЧФ к принятым методам проектирования и техническим решениям должно проявляться критическое и любознательное отношение, основанное на учете новой информации, методов анализа, знаний и особенностей новой технологии.

2.10. Программа ИЧФ должна осуществляться с использованием дифференцированного подхода, описанного в GSR Part 2 [4], для определения надлежащего уровня строгости, ресурсов и детальности, который потребуется применить.

2.11. В программе ИЧФ должны быть описаны мероприятия по ИЧФ, а также исходные данные и результаты этих процессов. Мероприятия по ИЧФ включают анализ, проектирование ЧМИ, оценки, такие как верификация и валидация, и мониторинг действий человека (см. пункт 2.19).

2.12. В программе ИЧФ должно быть указано, как ИЧФ интегрируется с другими мероприятиями по проектированию или модификации станции.

2.13. В программе ИЧФ должен быть установлен необходимый порядок координации действий персонала, ответственного за программу ИЧФ, сотрудников проектно-конструкторских организаций и персонала других организационных подразделений станции.

2.14. Следует установить и документально оформить процедуру передачи результатов анализа ответственным инженерным подразделениям организации и обеспечения того, чтобы эти результаты были учтены.

2.15. В программе ИЧФ должны быть определены соответствующие организационные требования и требования к компетенциям (например, квалификация, навыки, знания и подготовленность) персонала, выполняющего мероприятия по ИЧФ.

2.16. Программа ИЧФ должна служить основой для фиксации и отслеживания проблем, связанных с ИЧФ, которые выявляются в ходе процессов ИЧФ.

2.17. Программа ИЧФ должна предусматривать наличие в составе группы проектировщиков лица или лиц, обладающих экспертными знаниями в области ИЧФ.

2.18. При проектировании новой станции эксплуатирующая организация должна убедиться в том, что предполагаемый проект станции отвечает соответствующим стандартам ИЧФ и рекомендациям настоящего Руководства по безопасности.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА, СВЯЗАННОГО С ИНЖЕНЕРИЕЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

2.19. Весь процесс ИЧФ можно разделить на следующие мероприятия по ИЧФ:

- управление программой;
- анализ;
- проектирование;
- верификация и валидация;
- осуществление проекта;
- мониторинг действий человека.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РАМКАХ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТА

2.20. Мероприятия по ИЧФ должны быть интегрированы в основные стадии инженерного проекта, как показано на рис. 1.

2.21. Исходными данными ИЧФ для стадии разработки концепции должно считаться следующее:

- руководство программы ИЧФ должно наладить систематический, интегрированный процесс ИЧФ, обрисовать круг обязанностей в области ИЧФ и представить ожидаемые проектные исходные данные и результаты процесса ИЧФ;



Рис. 1. Пример типового инженерного проекта, показывающий, когда проводятся мероприятия по инженерии человеческих факторов (ИЧФ).

- руководство программы ИЧФ должно сформировать дееспособное организационное подразделение, отвечающее за учет человеческих факторов и обладающее достаточными полномочиями на всех уровнях организационной структуры для внесения в проект необходимых изменений, чтобы соответствовать ожиданиям ИЧФ;
- руководство программы ИЧФ должно определить самые последние кодексы, стандарты, методологии и руководства по ИЧФ, которые применимы к данному инженерному проекту;
- в ходе анализа ИЧФ должен быть выявлен соответствующий опыт эксплуатации (как положительный, так и отрицательный) и уделено особое внимание проблемам действий человека и потенциальным человеческим ошибкам, а также их смягчению;
- анализ ИЧФ должен дать исходные данные (такие как потребности и требования оператора), полезные для определения и выбора соответствующих вариантов проектирования;
- анализ ИЧФ должен использоваться для определения организационной структуры, в рамках которой будет использоваться программа ИЧФ (т.е. определение пользователей, их ролей и обязанностей, необходимой квалификации и регулирующих требований) и осуществляться эксплуатация и техническое обслуживание;
- в результате анализа ИЧФ должна быть получена предварительная картина распределения функций и потребностей в информации о человеке для мониторинга и контроля, где это применимо, функций стационарных систем;

- анализ ИЧФ должен дать представление о том, как операторы должны реагировать на сбои системы управления и отказы ЧМИ.

2.22. Исходными данными ИЧФ для стадии разработки требований должно считаться следующее:

- результаты функционального анализа, определяющие функциональные требования к конструкциям, системам и элементам;
- результаты анализа задач, которые дают представление о следующем:
 - какие системы сигнализации, информация, регламенты, органы управления и обратная связь в системе необходимы;
 - возможная последовательность выполнения задач;
 - потенциальные ошибки человека и соображения, влияющие на действия человека и ведущие к созданию конструктивных элементов, которые снижают количество ошибок и повышают качество работы;
 - значимые с точки зрения безопасности, сложные задачи, требующие детального технического анализа и анализа ИЧФ;
 - ограничения по времени на выполнение значимых задач;
 - специфические знания, навыки и умения, необходимые персоналу для выполнения поставленной задачи или задач и достижения эксплуатационных целей;
 - взаимодействие и координация между отдельными лицами или группами, которые необходимы для выполнения задачи;
- конкретные принципы проектирования с учетом ИЧФ и руководящие указания по проектированию ЧМИ для разработки технических спецификаций для поставщиков и для включения их в спецификации ИЧФ для поставщиков.

2.23. Исходными данными ИЧФ для стадии проектирования должно считаться следующее:

- новые формулировки требований ИЧФ, обусловленные эволюцией проекта или изменением стандартов;
- конкретные принципы проектирования с учетом ИЧФ и руководящие указания по проектированию ЧМИ для уточнения проекта и планировки станции и рабочего пространства, а также компонентов ЧМИ и их архитектуры;
- конкретные принципы проектирования с учетом ИЧФ и руководящие указания по проектированию ЧМИ для технического обслуживания и тестирования;

- потенциальное влияние новых или модифицированных проектных решений на действия человека, а также разработка регламентов и обучение;
- сбор и анализ комментариев пользователей путем проведения анализа ИЧФ на раннем этапе в форме тестирования удобства использования и оценки пользователями прототипов и концепций;
- анализ объема, содержания и удобства использования эксплуатационных регламентов, используемых для выполнения важных для безопасности задач;
- анализ объема и содержания обучения.

2.24. Исходными данными ИЧФ для стадии осуществления проекта должно считаться следующее:

- проверка осуществления проекта на соответствие ранее определенным принципам проектирования с учетом ИЧФ и применимым кодексам, стандартам и руководствам по проектированию с учетом ИЧФ;
- проверка осуществления проекта с целью убедиться, что в проекте были предусмотрены вся информация и органы управления, необходимые для выполнения задач;
- валидация с точки зрения человеческих факторов для определения того, в какой степени проектирование с учетом ИЧФ и вспомогательные механизмы способствуют достижению цели безопасной эксплуатации станции;
- подтверждение выполнимости важных задач человека в вероятностном и детерминистическом анализе безопасности путем валидации с точки зрения человеческих факторов;
- подтверждение завершения анализа ИЧФ и внесения в проект исходных данных ИЧФ в соответствии с программой ИЧФ и ожиданиями регулирующих органов.

2.25. На всех стадиях проектирования следует учитывать ограничения, присущие рассматриваемой технологии (например, доступность, надежность, пропускную способность, а также общепризнанность данной технологии и знакомство с ней персонала). Например, несмотря на то что персонал положительно относится к использованию цифровых технологий в повседневной жизни, проектировщику, возможно, придется задуматься над тем, не вызовет ли использование технологий виртуальной или дополненной реальности затруднений у персонала.

2.26. На стадиях эксплуатации и технического обслуживания должен проводиться мониторинг действий человека для обоснования проекта с целью убедиться в том, что аналитические выводы и предположения, сделанные на стадии проектирования, остаются верными на протяжении всего срока службы станции.

2.27. Мероприятия по ИЧФ, подкрепляющие анализ, проектирование, верификацию и валидацию, должны проводиться итеративно, в соответствии с общим проектным планом.

2.28. Мероприятия по ИЧФ, подкрепляющие анализ, проектирование, верификацию и валидацию, часто носят совместный характер и должны проводиться многодисциплинарной группой, обладающей экспертными знаниями в области ИЧФ. Для надлежащего учета результаты анализа ИЧФ, проектирования и мероприятий по верификации и валидации должны доводиться до сведения других организационных подразделений, участвующих в проектировании.

2.29. ЧМИ и его функциональные возможности следует рассматривать под таким углом зрения, что ЧМИ является частью единого целого, а не просто набором отдельных органов управления, индикаторов и систем.

3. АНАЛИЗ

АНАЛИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ

3.1. В SSR-2/2 (Rev.1) [1], пункт 5.28, говорится следующее: «События, повлекшие существенные последствия для безопасности, расследуются с целью определения их непосредственных и коренных причин, в том числе причин, связанных с факторами проектирования, эксплуатации и технического обслуживания оборудования или с человеческими и организационными факторами».

3.2. Данные и выводы, полученные в результате анализа событий, должны использоваться в качестве исходных данных ИЧФ при проектировании новой или модификации существующей станции.

3.3. Анализ опыта эксплуатации должен дать информацию о текущей рабочей практике для следующих целей: i) оценки потенциального влияния планируемых изменений; ii) оценки эксплуатационных проблем и трудностей с нынешними конструкциями, которые, возможно, потребуется устранить в ходе модернизации станции и модификации ее компонентов; iii) оценки соответствующего отраслевого опыта в отношении того, какие возможности для повышения эффективности и безопасности станции несут в себе проектные решения для СКУ и технологий ЧМИ.

3.4. При анализе опыта эксплуатации следует проанализировать как положительные, так и отрицательные стороны функционирования и проекта.

3.5. При анализе опыта эксплуатации следует учитывать:

- соответствующие проблемы ИЧФ, выявленные в ходе анализа опыта эксплуатации на атомной электростанции;
- выводы на основе опыта, сделанные персоналом станции;
- проблемы, выявленные при анализе опыта эксплуатации на других атомных электростанциях и в других отраслях.

3.6. Следует учитывать данные опыта эксплуатации по всем нижеследующим аспектам:

- мелкие проблемы (например, почти случившиеся или малозначащие события), которые часто предшествуют более значительным событиям или способствуют их возникновению;
- неблагоприятные тенденции, которые могут указывать на снижение надежности;
- данные о первопричинах, которые могут указывать на необходимость усовершенствования конструкции;
- свидетельства влияний и тенденций в организационной культуре, которые могут оказаться проблематичными для будущей эксплуатации станции;
- корректирующие меры и их осуществление;
- повторяющиеся события;
- изучение практики технического обслуживания;
- обмен данными о передовых наработках внутри отрасли.

3.7. В публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-50 «Учет опыта эксплуатации ядерных установок» [7] содержатся рекомендации по разработке, осуществлению, оценке и постоянному совершенствованию программы учета опыта эксплуатации ядерных установок с целью предотвращения или сведения к минимуму риска будущих событий за счет извлечения уроков из событий, уже происшедших на данной установке или в других местах.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

3.8. Для всех состояний станции должен быть проведен функциональный анализ с целью убедиться, что функции, необходимые для обеспечения безопасной эксплуатации атомной электростанции, достаточно хорошо определены и надлежащим образом проанализированы.

3.9. Функциональный анализ должен заложить основу для понимания роли персонала в управлении станционными процессами.

3.10. Функциональный анализ должен использоваться для определения того, какая информация (например, сведения о том, когда та или иная функция нужна, доступна, работает, достигает своей цели или завершается) и какие органы управления необходимы персоналу для выполнения эксплуатационных задач.

3.11. Функциональный анализ должен дать информацию о требованиях к времени и производительности, а также об ограничениях, связанных с выполнением функций.

3.12. При проведении функционального анализа следует принимать во внимание человеческие, технические и организационные факторы.

3.13. Функциональный анализ должен использоваться для определения высокоуровневых критериев приемлемости, связанных с поддержанием безопасной эксплуатации станции.

3.14. В рамках функционального анализа должны быть проанализированы и документально зафиксированы следующие моменты:

- высокоуровневые функции, обеспечивающие безопасную эксплуатацию станции;

- взаимосвязь (например, конфигурации станции или пути успеха²) между высокоуровневыми функциями и станционными системами, отвечающими за выполнение этих функций;
- разбиение высокоуровневых функций на функции более низкого уровня, которые могут быть привязаны к задачам, выполняемым автоматикой станции, людьми либо людьми совместно с автоматикой;
- основа для определения ролей и обязанностей персонала и автоматики.

3.15. В рамках функционального анализа должны документально фиксироваться комбинация систем и процессов, используемых для выполнения той или иной высокоуровневой функции, и действия человека, необходимые для реализации пути успеха.

3.16. В рамках функционального анализа должны документально фиксироваться зависимости, которые могут существовать между станционными функциями, станционными системами и системами, обеспечивающими их работу.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ

3.17. Для всех состояний станции должно быть произведено распределение функций с целью убедиться, что функции, необходимые для обеспечения безопасной эксплуатации атомной электростанции, достаточно хорошо определены и надлежащим образом проанализированы.

3.18. При распределении функций между персоналом и автоматикой должны учитываться способности человека (например, способность к импровизации, гибкость, рассудительность и выявление закономерностей) и достоинства машин (например, быстроедействие и одновременная обработка сложных операций).

3.19. При распределении функций следует принимать во внимание человеческие, технические и организационные факторы.

² «Путь успеха» — это выбранная совокупность конструкций, систем и элементов, которые дают высокую степень уверенности в том, что атомная электростанция успешно достигнет безопасного состояния после аварии.

3.20. Для распределения функций между персоналом и автоматикой (например, аппаратными средствами и программным обеспечением) группа проектировщиков должна воспользоваться знаниями о физических процессах, современных промышленных технологиях, опыте эксплуатации, а также о сильных и слабых сторонах действий человека.

3.21. При распределении функций используется функциональный анализ систем управления станцией и выполняется распределение процессов управления, которые могут быть поручены:

- персоналу (например, ручное управление, без автоматики);
- автоматическим системам (например, полностью автоматическое управление и пассивные, самоуправляемые явления);
- комбинации персонала и автоматики, например:
 - совместная работа (т.е. автоматическое выполнение некоторых аспектов функции, в то время как другие аспекты выполняются вручную);
 - работа по принципу согласия или делегирования функций (т.е. автоматика берет на себя управление функцией, когда персонал дает разрешение и когда позволяют обстоятельства);
 - работа в порядке исключения (т.е. автоматическое выполнение функции, если не возникает особых, заранее оговоренных ситуаций или обстоятельств, требующих ручного управления).

3.22. Помимо учета возможностей человека, при распределении функций проектировщик должен также принимать во внимание такие факторы, как приемлемость технологии для персонала, временные возможности, связанные с откликом систем, и соображения глубокоэшелонированной защиты.

3.23. Если выполнение какой-либо функции управления требует назначения персоналу и автоматике пересекающихся и дублирующих друг друга обязанностей (например, возложения на персонал обязанности по мониторингу автоматических систем и диспетчерскому контролю за их работой), такое назначение должно быть документально оформлено.

3.24. Для всех функций должен быть задокументирован характер и объем задач, выполняемых человеком.

3.25. Распределение функций должно быть проанализировано для различных эксплуатационных состояний и аварийных условий.

3.26. В ходе функционального анализа и при распределении функций должны учитываться требования, связанные с применением руководства по управлению тяжелыми авариями.

3.27. Должна иметься возможность проследить распределение функций от функции до связанной с ней системы или элемента.

АНАЛИЗ ЗАДАЧ

3.28. В подходе к анализу задач должны учитываться состояния станции и группы эксплуатационного персонала (например, оператор реактора, оператор турбины, начальник смены, оператор-обходчик, инженер по технике безопасности, персонал по эксплуатации и техническому обслуживанию), которые имеют отношение к анализируемой задаче.

3.29. При проведении анализа задач следует принимать во внимание человеческие, технические и организационные факторы (например, руководство, менеджмент и коммуникацию).

3.30. Следует проводить анализ задач для анализа и документальной фиксации физической и когнитивной деятельности, связанной с выполнением задач, порученных персоналу.

3.31. Анализ задач должен охватывать контекст задачи с точки зрения пользователя, который будет выполнять эту задачу.

3.32. Роли и виды деятельности отдельных людей на атомной электростанции весьма разнообразны, и поэтому круг анализируемых вопросов должен быть обоснован и часто будет включать в себя:

- задачи, которые выполняются в разных местах (например, на пункте управления, дополнительном пункте управления, местных постах управления, в службах аварийного реагирования);
- задачи, которые различаются в зависимости от состояния станции;
- задачи, требующие индивидуальной работы и/или взаимодействия или обмена информацией между различными организационными подразделениями (например, отвечающими за эксплуатацию, техническое обслуживание, разработку регламентов и проектирование компьютерных систем) и заинтересованными сторонами;

- задачи, которые иногда приходится выполнять в условиях дефицита времени или в суровых природных условиях и ситуациях либо которые важны для безопасности и выполняются редко.

3.33. При определении задач, которые будут включены в число анализируемых, следует также учитывать аспекты риска и безопасности, что может включать в себя следующее:

- задачи, связанные с профессиональным риском для персонала;
- задачи, учитываемые в анализе безопасности;
- задачи, выполнение которых, судя по опыту эксплуатации, представляет сложность или часто бывает сопряжено с ошибками;
- задачи, которые эксплуатационный персонал считает трудновыполнимыми и которые не планируется автоматизировать;
- задачи, которые имеют критически важное значение для поддержания станции в безопасном состоянии или возвращения ее в безопасное состояние после какого-либо события.

3.34. Следует также проанализировать реакцию на сигналы тревоги, а также задачи по наблюдению и техническому обслуживанию, выполнением которых управляют операторы с пункта управления.

3.35. Результаты анализа задач должны использоваться для определения:

- задач, выполнение которых ожидается от человека, и потенциальных ошибок человека, которые влияют на безопасность;
- ожиданий относительно того, как будет выполняться каждая задача, ожидаемых результатов выполнения задачи и предполагаемой надежности действий человека при выполнении этой задачи;
- имеющихся средств предотвращения ошибок при выполнении важных для безопасности задач;
- затрагиваемых функций безопасности, а также условий для начала и завершения выполнения каждой задачи;
- последовательности выполнения задач и подзадач;
- потребностей в персонале (например, организационные аспекты, штатное расписание, квалификация и обучение), потребностей в оборудовании (например, элементы ЧМИ, специальные инструменты и защитная одежда) и потребностей в документации (например, регламенты, процедуры и инструкции);
- требований к действиям человека и связанных с этим ограничений (например, время, точность и независимая проверка);

— требуемых систем связи и порядка доступа к этим системам.

3.36. Для выполнения анализа задач необходимо принять во внимание информацию из следующих источников:

- документация (документация поставщика, технические спецификации, существующие регламенты, руководства и учебные материалы);
- компетентный персонал из группы проектировщиков, эксплуатационный персонал, получивший опыт работы на аналогичных станциях, заинтересованные стороны и эксперты из других отраслей;
- пошаговый разбор и пошаговое обсуждение для анализа задач, выполнявшихся системой-предшественником, и задач на аналогичных станциях, а также задач, связанных с разрабатываемой системой;
- данные анализа опыта эксплуатации (с учетом отличий от эталонного проекта);
- данные из требований заказчика;
- данные других анализов, которые служат исходными данными для процесса проектирования с учетом ИЧФ (например, анализ и распределение функций и отношение к выполнению важных задач человека);
- данные имитационных экспериментов;
- международные стандарты ИЧФ (см. также приложение).

3.37. Выбор метода(ов) для анализа задач должен быть обоснован.

3.38. Следует оценить влияние требований к выполнению задачи на надежность действий человека.

3.39. Процесс сбора, представления в табличном виде и анализа исходных данных для анализа задач должен быть задокументирован.

3.40. Анализ задач — это совместная деятельность, которая должна вестись междисциплинарной группой, обладающей экспертными знаниями в области ИЧФ и опытом эксплуатации.

3.41. Результаты анализа задач должны быть доведены до сведения других организационных подразделений, участвующих в проектировании, чтобы те могли с ними ознакомиться.

3.42. Результаты анализа задач могут быть напрямую использованы для нужд, связанных с оценкой ошибок человека.

3.43. Анализ задач должен проводиться в первую очередь для тех задач, для которых важны когнитивные процессы, такие как принятие решений, решение проблем, память, внимательность и рассуждение.

3.44. Для определения того, может ли быть выполнена какая-либо задача или задачи, одного лишь кабинетного анализа документации (например, регламентов) может быть недостаточно. Для подтверждения выполнимости задач в реальных сценариях могут быть проведены имитационные эксперименты с проведением обходов станции, использованием макетов, тренажеров для обучения выполнению задач частично или в полном объеме.

3.45. При анализе задач должно использоваться средство классификации ошибок, которое должно как минимум фиксировать потенциальные ошибки, вызванные действием и бездействием, в том числе ошибки в принятии решений и ошибки в коммуникации, связанные с каждой задачей.

АНАЛИЗ ШТАТНОГО РАСПИСАНИЯ, ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ И КВАЛИФИКАЦИИ

3.46. Следует проанализировать штатное расписание, организационную структуру и квалификацию персонала на предмет их влияния на выполнение важных задач человека, чтобы определить необходимое количество персонала, организационные взаимодействия и уровень квалификации персонала.

3.47. При модификации существующих станций или строительстве новых станций необходимо провести анализ штатного расписания, организационной структуры и квалификации, учитывающий все изменения по сравнению с эталонными станциями, которые могут повлиять на:

- безопасное выполнение задач человека;
- рабочую нагрузку персонала;
- умение увязать роль каждого члена группы с задачей группы;
- независимость и взаимодействие лиц, ответственных за проверку хода выполнения задач (например, за проверку действий, выполняемых на блочном пункте управления и на местных постах операторами);

— восприятие задачи и ее преимуществ, а также ее признание персоналом.

3.48. Анализ штатного расписания, организационной структуры и квалификации должен охватывать все группы, которые выполняют задачи, влияющие на безопасность (см. пункты 3.28–3.45 об анализе задач). К ним относятся все группы эксплуатационного персонала, группы обслуживающего персонала, а также группы, отвечающие за аварийную готовность и реагирование. В ходе анализа должны быть определены и оценены потребности этих групп с точки зрения штатного расписания, организационной структуры и квалификации.

3.49. При помощи анализа штатного расписания, организационной структуры и квалификации должно быть оценено влияние организационных и технологических отличий от эталонной станции.

3.50. Исходные данные для анализа штатного расписания, организационной структуры и квалификации должны включать:

- концепцию операций в различных эксплуатационных состояниях и аварийных условиях;
- требования к проектированию;
- требования к выполнению задач;
- регулирующие требования;
- опыт эксплуатации;
- отношение к выполнению важных задач человека (например, отношение к выполнению важных задач человека может требовать, чтобы для надежного выполнения определенных задач применялось правило двух лиц).

3.51. Анализ задач должен использоваться для определения ролей, требований и обязанностей, а также результатов работы, ожидаемых от групп.

3.52. При распределении отдельных задач между членами группы необходимо обеспечивать следующее:

- задачи, возлагаемые на каждого члена группы, должны быть четко обрисованы;
- принципы распределения задач должны быть определены и обоснованы;

- рабочая нагрузка каждого члена группы должна быть разумной во всех эксплуатационных состояниях и аварийных условиях;
- при распределении задач между группами, работающими днем, и группами, работающими ночью, следует учитывать влияние такого распределения на эффективность действий человека;
- задачи, требующиеся в различных эксплуатационных ситуациях, должны распределяться между членами группы таким образом, чтобы обеспечить преемственность выполняемых обязанностей и постоянное владение ситуацией у отдельных лиц и коллективов.

3.53. Любое сокращение штатов должно быть оценено на предмет его потенциального влияния на безопасность при помощи моделирования, анализа или полномасштабного имитационного эксперимента.

ОТНОШЕНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ ВАЖНЫХ ЗАДАЧ ЧЕЛОВЕКА

3.54. Важные задачи и действия человека должны быть установлены на основе вероятностного или детерминистического анализа безопасности.

3.55. В базовом подходе к определению важных задач человека должны учитываться как эксплуатационные состояния, так и действия в аварийных условиях.

3.56. Анализ, обосновывающий применение ИЧФ при проектировании, может быть проведен в форме качественного и/или количественного анализа.

3.57. Должны быть проанализированы как минимум те важные задачи и действия человека, которые учтены в анализе безопасности, в том числе соответствующие факторы, влияющие на работу, и должно быть подтверждено, что проектное решение гарантирует выполнение требований безопасности, относящихся к действиям человека.

3.58. Независимо от подхода к определению важных задач человека, проект, регламенты, обучение, штатное расписание и концепция операций должны способствовать выполнению важных решений и действий человека.

3.59. В результате модификаций на станции может измениться способ выполнения важных задач человека. При всех модификациях на станции следует определить, могут ли и далее уверенно выполняться связанные с ними важные задачи человека.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Требование 32 SSR-2/1 (Rev. 1) [1] гласит: **«На ранней стадии разработки проекта АЭС в процесс проектирования должен включаться систематический учет человеческих факторов, в том числе взаимодействия человек-машина, который должен проводиться в течение всего процесса проектирования».**

4.2. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.55, говорится следующее:

«Проект способствует выполнению эксплуатационным персоналом его обязанностей и задач и ограничивает вероятность возникновения ошибок и их влияние во время эксплуатации на безопасность. В процессе проектирования уделяется должное внимание планировке станции, компоновке оборудования и процедурам, включая процедуры технического обслуживания и инспектирования, с целью облегчения взаимодействия эксплуатационного персонала и станции во всех эксплуатационных состояниях».

4.3. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.56, говорится следующее:

«Взаимодействие человек-машина (ЧМИ) должно проектироваться с таким расчетом, чтобы операторы получали всеобъемлющую, но легко поддающуюся управлению информацию, с учетом времени, необходимого для принятия решений и соответствующих действий. Информация, необходимая оператору для принятия решения о действиях, должна быть представлена в ясной и недвусмысленной форме».

4.4. Средства взаимодействия между людьми и машинами должны разрабатываться на основе структурированной методологии, позволяющей, начиная со стадии концептуального проектирования, определять и выбирать потенциальные подходы к ЧМИ, составлять технический проект и при необходимости проводить тестирование и оценку ЧМИ.

4.5. При проектировании ЧМИ должна применяться концепция глубокоэшелонированной защиты, гарантирующая, что если произойдет сбой, то он будет обнаружен и компенсирован или устранен соответствующими мерами.

4.6. При проектировании должен применяться подход, ориентированный на человека, при котором оборудование и системы рассматриваются под углом зрения персонала, который будет выполнять соответствующие функции и задачи.

4.7. На всех этапах процесса проектирования должны приниматься во внимание человеческие аспекты, технологии (как аппаратные средства, так и программное обеспечение), рабочая среда, а также применяемые стратегии управления, эксплуатации и менеджмента (в соответствии с интегрированным, системным подходом).

4.8. Проектировщик должен учесть, каким образом генерируемая ЧМИ информация будет передаваться разным группам (например, персоналу на блочном пункте управления и в службах аварийного реагирования), распределяться между ними и использоваться этими группами.

4.9. Проектировщик должен принять во внимание необходимые ограничения и сделать проект достаточно гибким для того, чтобы имелась возможность выбора разных стратегий управления и эксплуатации для разных состояний и режимов работы станции.

4.10. Проектные решения должны обеспечивать устойчивость оператора и организации к внешним воздействиям за счет анализа следующих аспектов:

- правильно ли назначены действия, которые будут выполняться автоматикой при реагировании на постулируемое исходное событие;
- может ли ЧМИ помочь в предупреждении неожиданного события и реагировании на него;

- предоставляет ли ЧМИ информацию о мелких изменениях, постепенное накопление которых приводит к внезапным сбоям или неисправностям (например, использование дисплеев с прогнозной информацией);
- имеются ли резервы дополнительных инструментов и оборудования и места для их размещения;
- позволяет ли проведение эксплуатирующей организацией «стресс-тестов» для проверки реакции стационарных систем на тяжелые аварии понять, как операторы могут использовать оборудование в целях, отличных от его первоначального назначения, чтобы локализовать зону продуктов деления;
- нужно ли брать на вооружение разные эксплуатационные стратегии для достижения безопасного состояния по мере развития ситуации;
- можно ли использовать оборудование не по проектному назначению, задействовав его в реализации иной стратегии (например, использование системы противопожарной защиты для отвода тепла).

Исходные данные для проектирования человеко-машинного интерфейса

4.11. Требования, которые необходимо учесть при проектировании ЧМИ, должны быть определены посредством следующих видов анализа, выполненного на более ранних стадиях процесса проектирования (см. раздел 3):

- анализ опыта эксплуатации;
- функциональный анализ и распределение функций;
- анализ задач;
- анализ штатного расписания, организационной структуры и квалификации;
- отношение к выполнению важных задач человека.

4.12. Важными исходными данными, которые необходимо учитывать при проектировании ЧМИ, являются:

- ограничения, налагаемые СКУ в целом (например, ограничения на информацию, которая может быть представлена, в связи с недоступностью данных датчиков);
- физическая среда, в которой будет установлен ЧМИ;
- когнитивные ограничения и преимущества пользователей;

- знания, навыки и умения персонала, включая персонал из различных профессиональных групп;
- применимые регулирующие требования.

4.13. При проектировании ЧМИ не следует забывать о роли операторов станции и следует учитывать уровни автоматизации, определенные в процессах функционального анализа и распределения функций.

4.14. Результаты анализа задач должны дать следующие исходные данные для проектирования ЧМИ:

- задачи, необходимые для управления станцией во время различных состояний станции — от нормальной эксплуатации до аварийных условий;
- подробные требования к СКУ (например, требования к диапазону отображения, точности, достоверности и единицам измерения);
- требования в отношении аспектов, которые способствуют выполнению задач, включая обитаемость (например, требования к освещению и вентиляции).

4.15. Результаты анализа штатного расписания и квалификации должны стать исходными данными для проектирования ЧМИ при принятии решений о планировке пункта управления в целом, а также о распределении органов управления и дисплеев между отдельными пультами, панелями и рабочими местами.

4.16. Должно быть подготовлено специальное руководство по применению ИЧФ при проектировании, которое будет использоваться при проектировании элементов ЧМИ, их компоновки и сред, в которых будет установлен ЧМИ.

4.17. В нем должны быть подробно описаны критерии технического проектирования элементов ЧМИ. Если ЧМИ на действующей станции модернизируется, то это руководство должно быть проверено на предмет внесения необходимых изменений, обусловленных как модернизацией ЧМИ, так и концепцией операций.

4.18. Это руководство должно быть разработано на основе общих рекомендаций по ИЧФ и анализов, относящихся к проектированию ЧМИ. В нем должны быть в конкретной форме зафиксированы проектные решения, принятые при рассмотрении конкретных аспектов проектирования ЧМИ.

Техническое проектирование человеко-машинного интерфейса и его интеграция в общий проект станции

4.19. ЧМИ должен предоставлять операторам информацию, необходимую для обнаружения изменений в состоянии станции, диагностирования ситуации, принятия мер и верификации ручных или автоматических действий.

4.20. Проектом ЧМИ должны предусматриваться действия человека при всех возможных условиях внешней среды, таких как потеря освещения, задымление, высокий уровень радиации, затопление, проникновение пара и ограниченная вентиляция.

4.21. Следует обеспечить, чтобы во всех своих аспектах (включая органы управления, компоновку информационных табло и методы кодирования) ЧМИ соответствовал мысленным моделям, которые имеются в сознании операторов, и общепринятым нормам.

4.22. Информация должна отображаться таким образом, чтобы обеспечивать оптимальное понимание операторами текущего состояния станции и выполнение необходимых действий по управлению станцией.

4.23. Работа и внешний вид ЧМИ должны отвечать единым принципам в разных местах размещения информации и СКУ.

4.24. По мере возможности ЧМИ следует проектировать так, чтобы он позволял предупреждать и выявлять ошибки операторов, особенно в тех случаях, когда может быть предпринято какое-либо действие в неверном контексте или при неправильной конфигурации оборудования. К таким проектным мерам относится валидация изменений в уставках систем управления, мониторинга и защиты.

4.25. ЧМИ должен быть спроектирован так, чтобы давать операторам достаточно информации для принятия решений в тех случаях, когда представленная информация ошибочна.

4.26. Насколько это возможно, средства обработки информации и работа операторов должны дополняться диаграммами информационных потоков и управляющими действиями.

4.27. Следует обеспечить, чтобы спроектированный ЧМИ:

- насколько это возможно с практической точки зрения, охватывал различные функции и обязанности эксплуатационного персонала разной специализации, который будет взаимодействовать со станцией;
- делал главный акцент на роли оператора, ответственного за безопасную эксплуатацию оборудования;
- способствовал тому, чтобы персонал пункта управления владел общей ситуацией (например, посредством больших настенных дисплеев с информацией о состоянии станции);
- давал реальную картину состояния станции;
- насколько это практически возможно, имел простейший с точки зрения пользователей дизайн, отвечающий требованиям к функциям и задачам;
- отображал информацию таким образом, чтобы она могла быть быстро распознана и понята операторами (например, с учетом знаний об обработке информации человеком и его зрительном внимании);
- допускал отказ аналоговых индикаторов и цифровых дисплеев без существенного прерывания управляющих действий;
- учитывал когнитивные способности и физиологические особенности человека, особенности управления моторикой человека и антропометрические данные.

4.28. ЧМИ должен выдавать простые и хорошо понятные предупреждения об ошибках операторов, которые могут быть выявлены, и предлагать простые, эффективные методы их исправления.

4.29. Следует разработать регламенты ЧМИ и программу обучения и сопоставить их друг с другом для обеспечения согласованности.

4.30. Следует учесть необходимость использования единых формулировок и совместимого текста для всех идентифицирующих обозначений и маркировок описательного характера.

4.31. Дизайн ЧМИ должен позволять проводить осмотр, техническое обслуживание, тестирование и ремонт ЧМИ без вмешательства в другую деятельность по управлению станцией.

4.32. Дизайн ЧМИ должен допускать выполнение задач персоналом в условиях минимальной, типичной и оптимальной численности штата.

4.33. В случае модификации ЧМИ как модифицированный ЧМИ, так и любой новый ЧМИ должен быть спроектирован таким образом, чтобы он:

- согласовывался с руководством по проектированию, использованным для существующего ЧМИ, чтобы у персонала имелся схожий интерфейс для нового и старого оборудования;
- по возможности соответствовал существующим пользовательским стратегиям сбора и обработки информации, а также действиям по выполнению задач, определенным при анализе задач.

4.34. Если ЧМИ модифицируется, любое уменьшение количества информационных табло должно быть обосновано, рассмотрено и согласовано инженерами-проектировщиками, специалистами по инженерии человеческих факторов и операторами.

4.35. Дизайн ЧМИ местных постов управления должен соответствовать дизайну ЧМИ блочного пункта управления.

4.36. В дизайне ЧМИ, требующегося для диспетчерского управления системами безопасности, следует применить концепцию глубокоэшелонированной защиты.

4.37. Следует подготовить описание того, как в ЧМИ будут организованы органы управления, дисплеи и средства сигнализации, обеспечивающие правильное и уверенное выполнение идентифицированных важных задач человека.

4.38. В дизайне ЧМИ должны быть учтены необходимые компенсирующие меры и вспомогательные процедуры, обеспечивающие, чтобы персонал мог эффективно справиться с проблемой ухудшения тех или иных функций СКУ и состояния ЧМИ, и предусматривающие переход на резервные системы.

Тестирование и оценка человеко-машинного интерфейса

4.39. В процессе разработки ЧМИ должны проводиться тесты на пригодность используемых концепций и элементов технического проекта.

4.40. Оценка компромиссов — это сравнение различных проектных решений на основе тех аспектов действий человека, которые важны для успешного выполнения задач, и других проектных соображений. При таких оценках компромиссов должны рассматриваться:

- требования к задачам, выполняемым человеком;
- возможности и ограничения, присущие действиям человека;
- требования к работе ЧМИ;
- потребности в осмотре и тестировании;
- требования к техническому обслуживанию;
- использование проверенной технологии и опыта эксплуатации ЧМИ прежних конструкций.

4.41. Тесты на пригодность и эффективность предполагают анализ работы ЧМИ, включая изучение мнений пользователей, для оценки проектных решений и приемлемости дизайна.

Проектирование органов управления человеко-машинного интерфейса

4.42. Если доступ к какому-либо органу управления возможен из нескольких мест, например из блочного пункта управления, дополнительного пункта управления или с оборудования, расположенного на станции, то необходимо применить защитные меры, чтобы обеспечить его скоординированное использование несколькими операторами.

4.43. Органы управления ЧМИ могут быть выполнены как «мягкие» органы управления (см. пункты 4.50–4.61) для мультиплексированных устройств управления, выделенных устройств управления либо для их комбинации.

4.44. Аналоговые устройства управления (например, кнопки, поворотные переключатели, ползунки, тумблеры и кулисные переключатели) подходят для устройств управления, которые используются постоянно (например, электрический выход), а также для устройств управления, для которых первостепенное значение имеет мгновенная доступность и надежность (например, кнопка аварийного останова).

4.45. Органы управления должны в течение определенного времени дать оптический и/или акустический сигнал, показывающий, что система получила управляющую команду.

4.46. При использовании органов управления операторы должны получать ответный сигнал, указывающий на процесс ввода данных (например, регулировку предельного значения уставки) и подтверждающий завершение ввода данных.

4.47. ЧМИ должен сводить к минимуму вероятность случайного срабатывания, требуя сознательных действий для выполнения операций, которые могут иметь негативные последствия (например, кнопка подтверждения и пластиковая крышка над переключателем).

4.48. Средства для предотвращения ошибочного срабатывания аналоговых органов управления должны включать в себя:

- размещение органов управления в надлежащих местах;
- использование защитных конструкций;
- требование выполнить второе подтверждающее действие;
- использование блокировок или разрешающих сигналов с правильным распределением приоритетов;
- правильный выбор физических характеристик, таких как размер, рабочее давление или усилие, а также тактильные, оптические и/или акустические сигналы.

4.49. Для того чтобы ошибки оператора были сведены к минимуму, управляющие движения должны соответствовать рутинным действиям (например, они должны отвечать ожиданиям пользователей) и быть совместимыми с атрибутами той переменной, которой управляет оператор.

Проектные соображения в отношении мягких органов управления

4.50. Мягкие органы управления выполняются в виде видеодисплеев с указательным устройством (например, мышью, трекболом, световым пером или сенсорной панелью) либо комбинации видеодисплея с набором специальных органов управления.

4.51. Информационные дисплеи, важные для работы оператора, в которых используются мягкие органы управления, должны включать в себя средства выбора управляемых компонентов, а также зоны отображения информации, в которых вводятся данные, и форматы, используемые для ввода данных.

4.52. Мягкие органы управления должны использоваться для таких взаимодействий, как выбор станционной переменной или компонента, которыми будет управлять оператор, подача управляющей команды и наблюдение за реакцией системы.

4.53. Мягкие органы управления должны предусматривать устройства отображения:

- для получения доступа к отдельным компонентам, когда это необходимо;
- для получения доступа к информации о состоянии каждого компонента;
- для управления связью с другими компонентами.

4.54. На «дисплеях выбора» отображается набор компонентов или переменных, которыми будет управлять оператор. Компоненты и переменные на дисплее выбора должны визуально отличаться друг от друга, иметь понятное расположение и уникальную маркировку для осуществления правильного выбора.

4.55. Мягкие органы управления должны иметь такой дизайн, чтобы операторы могли с первого взгляда различить имеющиеся варианты по таким характеристикам, как контекст, визуально отличимые форматы, разделение, поля ввода и выбираемые компоненты.

4.56. Форматы ввода, обычно используемые с мягкими органами управления — это отдельные управляющие интерфейсы, мягкие ползунки и кнопки со стрелками. В мягких органах управления должны быть предусмотрены форматы ввода, позволяющие заносить данные.

4.57. Курсоры должны иметь характерный внешний вид, а их движение должно обладать чувствительностью, совместимой с требуемыми задачами и умениями операторов. Движение курсора должно соответствовать характеристикам, связанным с досягаемостью, видимостью и уровнем комфорта для операторов, позволяя как быстро перемещать курсор, так и точно его позиционировать.

4.58. Действия, управляющие навигацией в ЧМИ, должны отличаться от действий по управлению станцией, таких как выключение или включение насоса с экрана компьютера.

4.59. Команды управления любым конкретным действием должны предлагать оператору только те опции и средства управления, которые доступны для выбора. Опции должны быть перечислены в меню, добавленном к рабочему дисплею, не требуя от оператора запоминать их или переходить к отдельному дисплею с меню.

4.60. Меню мягких органов управления должны быть оформлены однотипно, и их списки опций должны также иметь однотипные формулировки по всему ЧМИ.

4.61. Для того чтобы избежать ошибок при выполнении команды, последовательность управления должна состоять из выбора средства управления, выбора команды и подтверждения команды.

Применение инженерии человеческих факторов при проектировании рабочих мест

4.62. При проектировании рабочих мест следует учитывать характеристики, относящиеся к досягаемости, видимости и уровню комфорта для операторов, такие как:

- высота рабочего места;
- наклон стола управления, угол и глубина пультов, а также рабочие места, которые могут регулироваться для работы сидя и стоя;
- расположение устройства управления;
- расположение устройства отображения информации;
- компоновка устройств управления и отображения на пульте или рабочем месте;
- размер и разборчивость текста и графики;
- пространство для ног и ступней.

4.63. Высота пульта должна позволять операторам видеть поверх него (например, видеть общие дисплеи и других операторов).

4.64. Расположение панелей сигнализации должно быть таким, чтобы они были видны из рабочей зоны блочного пункта управления и находились на удобной высоте, чтобы оператор мог их видеть и разобрать информацию на них.

4.65. Часто используемые органы управления должны находиться в пределах досягаемости операторов, а соответствующие индикаторы и дисплеи должны хорошо читаться с рабочего места оператора.

4.66. Функции и технологические операции должны быть объединены в функциональные группы по их характеристикам.

4.67. Функциональные группы должны быть организованы по функциям, по последовательности использования, по частоте использования, по приоритетам, по эксплуатационным регламентам или по системам с использованием мнемосхемы³.

4.68. Функционально связанные органы управления и дисплеи должны быть отличимы от органов управления и дисплеев других функциональных групп.

4.69. Во избежание путаницы левой и правой сторон операторами следует избегать зеркальной компоновки панелей, органов управления и индикаторов.

4.70. Органы управления, дисплеи и другие элементы оборудования, расположенные на рабочих местах, должны быть правильно и ясно помечены, чтобы обеспечить быстрое и точное выполнение действий человеком.

4.71. Для уменьшения путаницы, времени поиска и избыточности следует использовать иерархическую схему маркировки. Для идентификации основных систем или рабочих мест должна использоваться основная маркировка, для идентификации подсистем или функциональных групп — дополнительная маркировка, а для идентификации каждого элемента рабочего места — маркировка элементов.

4.72. Маркировка должна описывать функции элементов оборудования, а используемые обозначения должны быть уникальными и отличимыми друг от друга.

³ «Мнемосхема» — это отображение информации на панели дисплея, которое имитирует физическую планировку станции.

4.73. При маркировке одной панели и разных панелей должна соблюдаться последовательность в использовании слов, сокращений, аббревиатур, а также номеров систем и элементов, и между номенклатурой, используемой в регламентах, и номенклатурой, используемой в маркировке, не должно быть расхождений.

4.74. При проектировании рабочих мест следует учитывать операции по тестированию и техническому обслуживанию, которые, возможно, потребуется выполнять на этом рабочем месте. При этом должны учитываться следующие моменты:

- доступность элементов на панелях для ремонта, демонтажа или замены;
- отделение органов управления и дисплеев, используемых только для тестирования и технического обслуживания, от тех, которые используются для работы;
- наличие резервного пространства для хранения специального тестового оборудования или доступа, необходимого для проведения ремонтных работ.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ И РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА

4.75. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.60, говорится следующее:

«Проект должен быть составлен с таким расчетом, чтобы после события, воздействующего на станцию, условия окружающей среды в помещении щита управления или дополнительном помещении щита управления, а также в местах на пути доступа к этому дополнительному щиту управления не угрожали защите и безопасности эксплуатационного персонала».

4.76. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.61, указывается: «Рабочие места и условия работы эксплуатационного персонала должны проектироваться в соответствии с концепциями эргономики».

4.77. В зонах, в которых эксплуатационный персонал должен осуществлять мониторинг станционных систем и управление ими, следует принять необходимые меры по организации подходящих условий для работы и защите персонала от воздействия опасных факторов.

4.78. Следует принять во внимание такие аспекты рабочей среды, как освещенность, температура, влажность, шум и вибрация.

4.79. К учитываемым опасным факторам относятся радиация, дым и содержание токсичных веществ в атмосфере.

4.80. Один из способов обеспечения подходящих условий доступа — это прокладка отвечающих требованиям и защищенных от потенциальных внутренних и внешних опасностей маршрутов к дополнительным пунктам управления и другим местам вне блочного пункта, где должны выполняться действия оператора.

БЛОЧНЫЙ ПУНКТ УПРАВЛЕНИЯ

4.81. Требование 65 SSR-2/1 (Rev. 1) [1] гласит:

«На АЭС должно быть предусмотрено помещение щита управления (пункта управления), из которого можно было бы безопасно управлять станцией во всех эксплуатационных состояниях как в автоматическом, так и в ручном режиме и из которого можно было бы принимать меры по поддержанию безопасного состояния станции или по возвращению ее в безопасное состояние после возникновения ожидаемых при эксплуатации событий и аварийных условий».

4.82. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.57, говорится следующее:

«Оператор должен получать информацию, необходимую для:

- a) оценки общего состояния станции в любых условиях;
- b) эксплуатации станции в установленных пределах для параметров, связанных с системами и оборудованием станции (эксплуатационные пределы и условия);

- с) подтверждения автоматического инициирования срабатывания систем безопасности, когда это необходимо, и надлежащей работы соответствующих систем;
- д) определения как необходимости ручного инициирования указанных действий по обеспечению безопасности, так и времени такого инициирования».

4.83. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 6.39, говорится следующее:

«Должны быть приняты надлежащие меры, включая возведение барьеров между помещением щита управления АЭС и внешней средой, и должна быть предоставлена достаточная информация в целях долговременной защиты лиц, находящихся в помещении щита управления, от опасностей, таких как высокие уровни излучения вследствие аварийных условий, выброс радиоактивного материала, пожар или воздействие взрывоопасных или токсичных газов».

Проектирование человеко-машинного интерфейса блочного пункта управления

4.84. Дизайн блочного пункта управления должен согласовываться с концепцией операций, описывающей, как будет эксплуатироваться станция во всех ее состояниях.

4.85. ЧМИ на блочном пункте управления должен быть спроектирован с должным учетом:

- эксплуатационных целей и задач, включая безопасную эксплуатацию;
- организации ЧМИ в виде отдельных рабочих мест (например, пультов и панелей);
- взаимного расположения рабочих мест и вспомогательного оборудования на блочном пункте управления.

4.86. ЧМИ дисплеев должен давать возможность операторам:

- быть в курсе действий, предпринятых системой защиты реактора и другими автоматическими системами;
- анализировать причины нарушений и следить за их развитием;
- выполнять вручную любые необходимые корректирующие действия.

4.87. При проектировании блочного пункта управления следует рассмотреть возможные способы отображения информации, которые дают максимально обобщенную сводку состояния станции и будут способствовать взаимодействию операторов при выполнении общих задач и их осведомленности о действиях друг друга.

4.88. На блочном пункте управления должны быть предусмотрены устройства отображения информации, чтобы операторы и руководители могли контролировать все функции безопасности, включая состояние станции, состояние ее безопасности и тенденции изменения основных станционных параметров.

4.89. Элементы и коды ЧМИ (например, цвета, формы, линии, обозначения, сокращения и аббревиатуры) должны легко идентифицироваться и считываться с максимального возможного расстояния для каждой конкретной задачи при минимальных условиях внешнего освещения.

4.90. Система отображения должна передавать оператору заданную информацию без двусмысленности или потери смысла, а также без излишней задержки или запаздывания.

4.91. Возможности отображения должны позволять операторам быстро оценивать состояние отдельных элементов ЧМИ и их взаимосвязь с другими элементами ЧМИ.

4.92. Числовые значения должны отображаться только на том уровне значимости, который требуется от данных для работы, даже если имеются более точные отдельные исходные данные.

4.93. Время отклика систем отображения должно соответствовать эксплуатационным требованиям.

4.94. Когда нескольким операторам требуется взаимодействовать с системой одновременно, управляющие команды одного оператора не должны мешать другим управляющим командам, имеющим более высокий приоритет.

4.95. При проектировании ЧМИ следует учитывать моменты, когда от операторов требуется выполнение общих или скоординированных действий.

4.96. Информация, получаемая с ЧМИ, должна позволять операторам немедленно оценивать общее состояние станции и выявлять условия, требующие внимания, без необходимости выполнения дополнительных сложных задач.

4.97. Информация, отображаемая на видеодисплеях, должна быть хорошо понятна в любых условиях эксплуатации.

4.98. Обозначения, используемые в системе отображения, должны быть стандартизированы.

4.99. Должна быть предусмотрена функция индикации, показывающая оператору, что система работает в штатном режиме (или что произошел сбой системы).

4.100. Если перегрузка системы отображения или другие системные условия могут привести к задержке в обработке данных, система должна подтвердить ввод данных и предоставить операторам информацию о задержке и о завершении процесса обработки.

4.101. ЧМИ, предназначенные для выполнения задач в режиме реального времени и нуждающиеся в быстрой реакции операторов, должны требовать лишь ограниченных действий со стороны оператора. Например, расстояние перемещения курсоров по страницам дисплея и между ними, время сканирования и количество окон на дисплее должны быть ограниченными.

4.102. В системах видеодисплеев должна быть предусмотрена функция помощи пользователю. Такая помощь должна включать, при необходимости, сообщения рекомендательного характера, сообщения об ошибках, подтверждающие сообщения и системы валидации.

4.103. Операторы должны иметь возможность получить справку относительно требований к вводу команд (например, необходимый синтаксис, параметры и опции).

4.104. Устройство системы отображения должно подчиняться очевидной логике, основанной на требованиях задачи, и должно быть хорошо понятно операторам.

4.105. Изображения на экране дисплея должны быть скомпонованы таким образом, чтобы расположение различных функций ЧМИ (например, зона отображения данных, зона управления и зона сообщений) было стандартным для всех дисплеев.

4.106. Система отображения ЧМИ должна четко показывать, какие элементы доступны для выбора. Когда оператор выполняет ту или иную операцию с выбранным элементом дисплея, этот элемент должен быть подсвечен во избежание ошибок.

4.107. ЧМИ должен быть удобным для использования и не требовать от оператора запоминания специальных кодов или последовательностей операций для выполнения действий.

4.108. Для повышения эффективности работы операторов могут использоваться дисплеи с большим экраном, позволяющие видеть информацию о станции всем работникам или служащие средством обмена информацией.

Планировка блочного пункта управления

4.109. Блочный пункт управления должен иметь достаточную площадь, чтобы персонал блочного пункта управления мог выполнять все необходимые действия и чтобы при этом была сведена к минимуму необходимость перемещения оператора в нестандартных и аварийных условиях.

4.110. Количество сотрудников и распределение задач на блочном пункте управления должно быть таким, чтобы органы управления, дисплеи и другое необходимое оборудование были полностью и быстро доступны при всех режимах эксплуатации.

4.111. Компоновка рабочих мест и пультов на блочном пункте управления должны:

- обеспечивать полный обзор всех панелей управления и отображения информации (включая табло сигнализации);
- давать возможность вербальной коммуникации операторов на рабочих местах с любой точкой основной рабочей зоны;
- обеспечивать доступ к рабочим местам без необходимости преодолевать препятствия;

— давать возможность эффективного, беспрепятственного передвижения и коммуникации.

4.112. На блочном пункте управления должно быть отведено место для хранения регламентов и других документов. Такие места хранения должны обеспечивать легкую доступность и легкий поиск документов.

4.113. Необходимо предусмотреть место для хранения аварийного оборудования, которое может потребоваться персоналу пункта управления во время аварии. Такие места хранения должны быть легкодоступными.

Соображения, касающиеся обитаемости

4.114. На блочном пункте управления должны быть созданы такие условия, чтобы персонал блочного пункта управления мог выполнять свои задачи без дискомфорта, чрезмерного стресса или физической опасности.

4.115. При проектировании рабочих мест на блочном пункте управления следует учитывать факторы внешней среды, которые могут оказать существенное влияние на работу персонала, такие как комфортная температура, достаточное освещение, в том числе в случае аварийной ситуации, акустическая среда, способствующая ясной вербальной коммуникации, и подходящая планировка.

4.116. На пункте управления должно иметься достаточно средств и материалов, чтобы обеспечить комфортное длительное пребывание на нем во время реагирования на аварию.

4.117. При проектировании пункта управления следует выполнить оценку опасности от летящих предметов, попадающих в помещение пункта извне, и предусмотреть защиту от них. Руководящие указания по защите пункта управления от летящих предметов приведены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-1.11 «Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants» («Защита от внутренних опасностей, помимо пожаров и взрывов, при проектировании атомных электростанций») [8].

Проектирование системы отображения параметров безопасности

4.118. Должна быть предусмотрена система отображения параметров безопасности, чтобы во время аварии помочь персоналу блочного пункта управления определить состояние безопасности станции и понять, требует ли сложившаяся ситуация корректирующих действий со стороны операторов, чтобы не допустить деградации активной зоны реактора или выброса радиоактивного материала.

4.119. При проектировании системы отображения параметров безопасности следует применять ИЧФ, чтобы повысить функциональную эффективность персонала блочного пункта управления.

4.120. Система отображения параметров безопасности должна предоставлять информацию о критически важных функциях безопасности, связанных со станцией.

4.121. Система отображения параметров безопасности должна располагаться в месте, удобном для персонала блочного пункта управления, и обеспечивать непрерывное отображение информации, по которой можно легко и уверенно судить о состоянии станции.

4.122. Система отображения параметров безопасности должна быть устроена таким образом, чтобы отображать минимальный набор параметров станции, по которым оператор может оценить состояние станции, не прибегая к изучению всей информации, отображаемой на блочном пункте управления.

4.123. Устройства отображения информации для системы отображения параметров безопасности могут включать в себя аналоговые устройства и компьютерные устройства. К аналоговым устройствам отображения информации можно отнести счетчики, световые индикаторы, устройства для считывания цифровых результатов и плоттеры. Компьютерные устройства отображения информации могут включать в себя устройства с плоской панелью и устройства с большим экраном.

4.124. Устройства отображения информации, используемые в системе отображения параметров безопасности, должны соответствовать общим руководящим принципам проектирования ЧМИ блочного пункта управления.

4.125. Система отображения параметров безопасности должна быть последовательной и совместимой с другими дисплеями и устройствами ЧМИ в том, что касается представления и кодирования информации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ПУНКТ УПРАВЛЕНИЯ

4.126. Требование 66 SSR-2/1 (Rev. 1) [1] гласит:

«Контрольно-измерительные приборы и оборудование для управления должны быть размещены предпочтительно в одном помещении (помещении дополнительного щита управления), физически, электрически и функционально отделенном от основного помещения щита управления АЭС. Помещение дополнительного щита управления должно быть оборудовано таким образом, чтобы можно было остановить реактор и поддерживать его в этом состоянии, отводить остаточное тепло и контролировать важнейшие параметры станции, если будет утрачена возможность осуществлять эти важнейшие функции безопасности из помещения основного щита управления».

4.127. Процесс проектирования ЧМИ дополнительного пункта управления должен выполняться параллельно с процессом проектирования для блочного пункта управления с использованием аналогичных процедур, критериев и методов.

4.128. При проектировании ЧМИ дополнительного пункта управления должны учитываться принципы ИЧФ и особенности поведения персонала в аварийных условиях, при этом особое внимание должно уделяться необходимости принятия немедленных мер.

4.129. Должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие обитаемость дополнительного пункта управления, в том числе в случае, если требуется длительное пребывание на дополнительном пункте управления (например, оснащение вентиляционных систем резервным источником питания и фильтрами, такими как йодные фильтры).

4.130. При проектировании рабочих мест на дополнительном пункте управления следует учитывать факторы внешней среды, которые могут оказать существенное влияние на работу персонала, такие как комфортная

температура, достаточное освещение, в том числе в случае аварийной ситуации, акустическая среда, способствующая ясной вербальной коммуникации, и подходящая планировка.

4.131. Компьютерная информация или органы управления, используемые на дополнительном пункте управления, должны функционировать в режиме, приближенном к режиму работы аналогичных органов управления и индикации на блочном пункте управления или, что желательнее, идентичном ему.

4.132. ЧМИ дисплеев и органов управления на дополнительном пункте управления должен быть аналогичен ЧМИ блочного пункта управления, чтобы операторы могли легко переключиться с одного на другой, и должен быть скомпонован по функциональному принципу, чтобы свести к минимуму вероятность ошибок человека.

4.133. Должен быть установлен порядок передачи функций командования, управления и связи с блочного пункта управления на дополнительный пункт управления.

4.134. Должны быть предусмотрены средства связи между дополнительным пунктом управления и местными постами управления, а также с руководством станции, внешними антикризисными структурами и центром технической поддержки.

СЛУЖБЫ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ

4.135. При проектировании служб аварийного реагирования⁴ на площадке следует применять ИЧФ. Проектом должна быть предусмотрена оптимальная планировка отдельных рабочих мест, а также оптимальная компоновка данных и информации, необходимых для выполнения действий, требующихся для реализации стратегий управления авариями.

⁴ Службы аварийного реагирования рассматриваются в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 7 «Готовность и реагирование в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации» [9]. На АЭС службы аварийного реагирования (которые располагаются отдельно от блочного пункта управления и дополнительного пункта управления) включают центр технической поддержки, центр эксплуатационной поддержки и центр аварийного реагирования.

4.136. Дисплеи в помещении служб аварийного реагирования, обеспечивающие информирование о ситуации, должны быть разработаны с применением общепризнанных методов и принципов ИЧФ. Необходимо учитывать такие факторы, как освещенность, размер, геометрия, компоновка дисплеев и органов управления, доступность контента, пригодность формата и стандартизация дисплеев. Главное внимание должно быть уделено задаче, которая будет выполняться с помощью выведенной на дисплей информации.

4.137. Анализ опыта эксплуатации, включая противоаварийные учения, в сочетании с функциональным анализом и анализом задач должен послужить основой для определения требований к действиям человека, связанным с мониторингом аварий и эксплуатацией оборудования для смягчения последствий тяжелой аварии.

4.138. Следует уделить внимание стратегиям выделения ресурсов (например, кадровых), физическим условиям на станции (например, электропитанию, физической доступности, экологическим и радиологическим условиям), осложняющим факторам, таким как погодные условия (сильная жара, холод или осадки), и выбору между применением технологии и действиями человека в аварийных условиях.

4.139. Следует учитывать аспекты ИЧФ в тех случаях, когда персоналу приходится эксплуатировать непостоянное оборудование, предусмотренное в анализе безопасности для управления тяжелой аварией. Это включает в себя безопасный доступ к местным органам управления, позволяющим безопасно использовать непостоянное оборудование. К типичным примерам местных органов управления относятся местные панели управления, точки подключения, переключатели и клеммы, которые i) обеспечивают подключение непостоянного оборудования или ii) обеспечивают работу оборудования (например, насосов), которое снабжается электроэнергией от непостоянного оборудования.

4.140. Следует рассмотреть весь спектр внутренних и внешних взаимодействий отдельных лиц и заинтересованных сторон на всех уровнях с организациями аварийного реагирования на площадке и за ее пределами в условиях аварийной ситуации.

4.141. Следует учесть уровни стресса и рабочей нагрузки, которые могут иметь место во время операций по аварийному реагированию.

4.142. Персонал центра технической поддержки должен быть обучен подбору и использованию инструментов, необходимых для применения руководства по управлению тяжелыми авариями. Более подробные рекомендации по разработке и применению руководства по управлению тяжелыми авариями приведены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-54 «Программы управления авариями на атомных электростанциях» [10].

УПРАВЛЕНИЕ СИГНАЛИЗАЦИЕЙ

4.143. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.66, говорится следующее: «Должны предусматриваться соответствующие системы сигнализации и средства связи с таким расчетом, чтобы в эксплуатационных состояниях и аварийных условиях можно было предупредить об опасности всех лиц, находящихся на АЭС и на площадке, и дать им соответствующие инструкции».

4.144. Системы сигнализации или другие устройства указывают на отклонения от тех условий, которые характерны для нормальной эксплуатации. Когда это происходит, операторам должна быть предоставлена информация, необходимая для:

- определения действий, выполняемых автоматическими системами;
- выполнения вручную всех необходимых корректирующих действий;
- наблюдения за поведением или реакцией станции.

4.145. Системы сигнализации должны предоставлять информацию об аномальных условиях, таких как:

- отклонения параметров или отклонения в скорости изменения уставок систем управления или защиты;
- отказы, аномалии или расхождения, связанные с оборудованием;
- неполное выполнение или сбой автоматических действий.

4.146. Условия, которые не требуют действий со стороны оператора, не должны приводить к срабатыванию сигнализации. Получаемые данные о штатных ситуациях, которые не указывают на аномалии, а скорее являются сообщениями об ожидаемой реакции системы, должны учитываться как информация о состоянии.

4.147. Все сигналы тревоги должны быть документально зафиксированы, и к ним должно применяться требование о контроле конфигурации.

4.148. Система сигнализации должна быть достаточно универсальной, чтобы генерировать сигналы тревоги для эксплуатационных состояний и аварийных условий.

4.149. В SSR-2/2 (Rev. 1) [2], пункт 7.9, говорится, что число тревожных сигналов при любом проанализированном эксплуатационном состоянии, отключении или аварийной ситуации на станции должно быть сведено к минимуму, чтобы избежать подачи ненужных или бессмысленных тревожных сигналов, которые могут привести к перегрузке системы сигнализации.

Генерация сигналов тревоги

4.150. Система сигнализации должна быть способна генерировать сигналы тревоги из следующих источников:

- цифровые сигналы;
- аналоговые сигналы;
- рассчитанные, синтезированные или сгруппированные сигналы, поступающие непосредственно на вход или получаемые от других систем.

4.151. Сигналы тревоги, основанные на аналоговых и цифровых сигналах, должны допускать возможность изменения конфигурации. Состояние тревоги может быть выбрано из разных состояний сигнала (например, включено/выключено, открыто/закрыто и остановлено/не остановлено).

4.152. Генерируемые сигналы тревоги должны следовать иерархии сигналов тревоги, которая соответствует архитектуре конструкций, систем и элементов станции.

4.153. Сигналы тревоги должны быть контекстно-зависимыми (например, сигналы тревоги, извещающие о низком расходе жидкости в насосе, должны генерироваться в момент реальной фиксации низкого расхода, а не во время запуска насоса).

Валидация сигналов тревоги

4.154. Датчики и входные сигналы для генерации сигналов тревоги должны пройти валидацию с целью предотвратить подачу ненужных кратковременных или колеблющихся тревожных сигналов.

4.155. Системы сигнализации должны быть способны автоматически уменьшать количество сигналов тревоги, подаваемых в один и тот же момент времени.

4.156. Блокирование сигнализации позволяет вывести из работы неактивные системы сигнализации за счет отключения генерации сигнала — обычно на время тестирования, технического обслуживания или ремонта соответствующего оборудования. Системы сигнализации должны поддаваться блокированию, позволяющему избежать подачи сигналов тревоги, которые оказываются ложными или приобретают постоянный характер.

4.157. Следует использовать анализ и валидацию ИЧФ для выяснения того, не маскирует ли один сигнал тревоги появление другого тревожного сигнала или сигналов.

4.158. В системах сигнализации должна быть предусмотрена приоритизация сигналов тревоги для определения их относительной важности.

Обработка сигналов тревоги

4.159. Системой сигнализации должна быть предусмотрена генерация сигналов тревоги, определяемая пользователем. Операторы должны иметь возможность выбрать один высокий или один низкий предел сигнала для аналоговых переменных или одно состояние из возможных состояний сигнала для дискретных переменных.

4.160. В системах сигнализации должна иметься возможность применять на разных уровнях иерархии следующие методы подавления сигналов тревоги на основе оценки события и на основе оценки значимости:

- методы подавления сигналов тревоги на основе оценки события, фильтрующие или подавляющие сигналы тревоги, генерируемые в результате отказа вспомогательной системы или элемента оборудования либо в результате события на станции;
- методы подавления сигналов тревоги на основе оценки значимости, подавляющие сигналы тревоги с более низким приоритетом в ситуациях, когда система сигнализации перегружена.

4.161. Фильтрация или подавление сигналов тревоги — как автоматических, так и инициированных оператором — должны применяться для того, чтобы не перегружать оператора, но при этом не должны блокировать необходимую информацию.

Извещение о тревоге и управление сигналами тревоги

4.162. Система сигнализации должна обеспечивать визуальную индикацию при возникновении или прекращении любого состояния тревоги. Визуальная индикация может включать:

- мигание, которое начинается при возникновении или прекращении состояния тревоги и прекращается соответственно после подтверждения или сброса. Сгруппированные сигналы тревоги должны мигать повторно, когда появляется новый подсигнал тревоги после того, как другой подсигнал уже сработал и был подтвержден;
- цветовое кодирование: сигналы тревоги могут светиться разными цветами в зависимости от приоритета сигнала и от состояния тревоги. Могут быть использованы и другие методы кодирования отображаемого сигнала.

4.163. Система сигнализации должна обеспечивать звуковую индикацию при возникновении или прекращении любого состояния тревоги.

4.164. Должны быть предусмотрены средства глушения звуковых сигналов во избежание перегрузки слуха и для облегчения распознавания новых сигналов тревоги, которые могут быть поданы вслед за этим.

4.165. Должны быть предусмотрены средства, позволяющие оператору своевременно подтвердить сигналы тревоги — как одиночные, так и групповые.

Отображение сигнала тревоги

4.166. Принцип «темной доски» состоит в том, чтобы минимизировать количество сигналов тревоги, подаваемых во время нормальной эксплуатации, не ставя при этом под сомнение безопасность станции.

4.167. Обработка сигналов тревоги должна следовать принципу «темной доски» при работе на полной мощности и при других условиях нормальной эксплуатации.

4.168. При отображении сигналов тревоги должны использоваться следующие разные типы отображения:

- пространственно выделенные, постоянно видимые дисплеи (например, аналоговые мозаичные панели или наборы видеодисплеев с постоянно видимыми мозаичными панелями, или постоянно видимые дисплеи с мнемосхемой и встроенными сигналами тревоги);
- отображение списка тревожных сообщений (например, текстовые сообщения, выводимые на экраны видеодисплеев);
- сигналы тревоги, интегрированные в графические дисплеи (например, дисплеи с мнемосхемой или дисплеи с мягким режимом управления);
- отдельные дисплеи с информацией о сигналах тревоги;
- смешанные дисплеи (т.е. комбинация других типов дисплеев).

4.169. Информация об изменении состояния тревоги и о новых сигналах тревоги должна представляться и обрабатываться отдельно.

4.170. Тревожные сообщения должны быть простыми, недвусмысленными и стандартизированными.

4.171. Тревожные сообщения должны содержать всю информацию, необходимую операторам для эффективного реагирования на сигналы тревоги, а именно: источники аварийных сигналов, приоритеты, описания, уставки и значения параметров, а также ссылки на процедуры реагирования на тревожные сигналы и соответствующие дисплеи.

4.172. Операторы должны иметь возможность по требованию сортировать тревожные сообщения. Система сигнализации может выдавать списки сигналов тревоги, выстроенные по:

- хронологии;
- уровню приоритетности;
- состоянию тревоги;
- тревожным сообщениям;
- в любом другом логическом порядке.

4.173. Сигналы тревоги должны быть интегрированы в графические дисплеи, особенно в тех случаях, когда целесообразно показать связь сигнала тревоги с соответствующими системами, функциями, оборудованием или компонентами.

4.174. Отдельные дисплеи с информацией о сигналах тревоги должны использоваться для вывода конкретной информации, относящейся к сигналам тревоги, такой как:

- динамика изменения переменных, на основе которой был подан сигнал тревоги;
- статистика, например, как часто в среднем подавался сигнал тревоги;
- взаимосвязь с другими сигналами тревоги или переменными;
- текущие или прошлые рабочие задания или отчеты, относящиеся к данному сигналу тревоги.

Процедуры реагирования на сигналы тревоги

4.175. Пункт 7.9 SSR-2/2 (Rev. 1) [2] требует разработки для операторов процедур реагирования на все тревожные сигналы на блочных пунктах управления.

4.176. Процедуры реагирования на тревожные сигналы должны предусматривать предоставление операторам следующей информации:

- система или функциональная группа, к которой относится сигнал тревоги;
- точное сообщение, связанное с сигналом тревоги;
- приоритеты реагирования на сигналы тревоги;
- автоматические действия, а также немедленные и другие действия оператора;

- список с указанием потенциальной причины или причин подачи тревожного сигнала;
- ссылки на необходимые материалы.

РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТОВ

4.177. В данном разделе приводятся рекомендации по разработке регламентов в части, касающейся человеческих факторов, и его следует рассматривать вместе с рекомендациями, содержащимися в публикациях Серии норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.2 «Пределы и условия для эксплуатации и эксплуатационные процедуры для атомных электростанций» [11] и SSG-54 [10].

4.178. Регламенты должны касаться важных задач человека, определенных в ходе анализа безопасности.

4.179. Регламенты, в которых описываются важные задачи человека, определенные в ходе анализа безопасности, должны проходить периодическую валидацию для подтверждения:

- наличия и состояния оборудования, необходимого для успешного выполнения каждого регламента;
- обоснованности любых сделанных в анализах безопасности предположений или утверждений в отношении задач, выполняемых человеком, которые имеют отношение к безопасности.

4.180. Цель валидации регламентов — убедиться в том, что они могут быть выполнены так, как указано, и что результаты или итоговые данные соответствуют запланированным.

4.181. При разработке регламентов следует также учесть исходные данные анализа задач, с тем чтобы:

- выявить потенциальные ошибки, на которые необходимо обратить внимание в регламенте;
- описать движение информации, действия и обратную связь, необходимые для успешного выполнения задачи;
- установить связи между задачами и персоналом;
- привести предварительную информацию о сроках выполнения отдельных действий в рамках регламента;

- облегчить переход между регламентами;
- установить форму и содержание технических предупреждений, необходимые (инициирующие) условия и требования к завершению предусмотренной регламентом процедуры.

4.182. Ожидаемый результат действия (или комплекса действий), определенного в регламенте, должен быть ясным, понятным и поддаваться проверке.

4.183. Применяя ИЧФ при разработке станционных регламентов, следует учитывать форму и содержание регламента соответствующей категории (например, регламенты эксплуатации в аварийных ситуациях, регламенты технического обслуживания и регламенты тестирования).

4.184. Регламенты выполнения важных для безопасности задач, сложных задач и редко выполняемых задач должны быть детальными и пошаговыми.

4.185. В каждом регламенте должны содержаться руководящие указания по безопасным альтернативным действиям, если предписанные действия выполнены быть не могут, либо указания по безопасному завершению предусмотренной регламентом процедуры.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ

4.186. Анализ задач должен послужить основой (например, определение знаний, навыков и умений) для установления требований к обучению, связанных с проектируемой системой.

4.187. Эксплуатационный персонал должен быть ознакомлен с тем, как форма отображения информации связана с теми состояниями станции, о которых она должна сообщать, включая различные виды отказа и их влияние и отображение на дисплее.

4.188. Эксплуатационный персонал должен быть обучен навигации в пределах одного дисплея и между несколькими дисплеями, манипуляциям с экранными элементами, такими как окна, и использованию других функциональных возможностей ЧМИ.

4.189. План обучения должен периодически пересматриваться и модифицироваться по мере осуществления проекта.

4.190. Обучение должно быть своевременным, а обучение, связанное с модификациями на станции, должно быть завершено прежде, чем эти модификации будут реализованы на практике.

4.191. При составлении учебной программы следует пользоваться руководящими указаниями, приведенными в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.8 «Набор, квалификация и подготовка персонала для атомных электростанций» [12].

5. ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1. Цель верификации и валидации системы ЧМИ с точки зрения человеческих факторов — комплексное определение того, отвечает ли система ЧМИ установленным требованиям к проектированию с учетом ИЧФ и позволяет ли она персоналу успешно и безопасно выполнять заданные функции для обеспечения безопасной эксплуатации станции.

5.2. Верификация и валидация должны выполняться на протяжении всего процесса проектирования с учетом ИЧФ на основе моделей и имитаторов, которые становятся все более реалистичными по мере осуществления проекта.

5.3. Верификация и валидация должны дать объективные доказательства того, что проектировщики надлежащим образом соблюдали принципы проектирования и требования, связанные с удобством использования, с точки зрения человеческих, технических и организационных аспектов, а также взаимосвязи между ними.

5.4. Мероприятия по верификации обычно включают:

- определение стандартов и руководящих принципов ИЧФ;
- верификацию ЧМИ, включая аппаратные средства (например, пульта, панели и аналоговые интерфейсы, в том числе табло сигнализации) и программное обеспечение, а также сопутствующую документацию

(например, регламенты, инструкции и отчеты о срабатывании сигнализации);

- анализ проектных требований, чертежей и руководств;
- верификацию средств, обеспечивающих выполнение задач, включая предоставление инструментов, рабочих приспособлений, средств индивидуальной защиты, оборудования и инструктажей, связанных с выполнением задачи, квалификацию операторов, а также наличие доступных и удобных для использования регламентов, когда в них возникает необходимость.

5.5. Мероприятия по верификации могут включать в себя взаимодействие с пользователями системы.

5.6. Мероприятия по верификации и валидации должны проводиться отдельными лицами или группами, не связанными с теми, кто первоначально выполнял работу по проектированию [1].

5.7. Валидация должна быть выполнена, в частности, для оценки:

- способности персонала пункта управления выполнить требуемые действия в эксплуатационных состояниях и аварийных условиях;
- оформления и упорядоченности регламентов, необходимых для выполнения задач;
- способности ЧМИ обеспечивать выполнение задач операторами;
- пригодности планировки рабочего пространства для выполнения задач и обеспечения функционирования системы;
- объема ресурсов для принятия антикризисных мер и координации действий членов групп, участвующих в ликвидации последствий аварии, включая сторонние организации.

5.8. Валидация дизайна пунктов управления с точки зрения человеческих факторов должна охватывать:

- планировку блочного и дополнительных пунктов управления (в той мере, в какой она способствует выполнению задач оператора);
- эффективность систем мониторинга, управления и технического обслуживания (на пунктах управления и вне их);
- системы мониторинга и управления на пункте управления, связанные со всей станцией, для использования в эксплуатационных состояниях и аварийных условиях.

5.9. Валидация интегрированной системы, включающей аппаратные средства, программное обеспечение, регламенты и персонал, должна быть выполнена прежде, чем проект будет окончательно доработан, чтобы имелось достаточно времени для внесения коррективов в проект перед тем, как станция будет введена в строй.

5.10. Источником исходных данных для верификации и валидации должны быть уже завершённые процессы ИЧФ, в частности:

- концепция операций в различных эксплуатационных состояниях и аварийных условиях;
- технические и пользовательские требования, связанные с задачами, особенно с задачами, важными для безопасности;
- функциональные и технические спецификации органов управления и уровня автоматизации;
- исходные данные функционального анализа;
- регулирующие требования;
- исходные данные анализа опыта эксплуатации;
- важные задачи человека;
- данные анализа безопасности;
- данные анализа надёжности действий человека;
- данные анализа штатного расписания, организационной структуры и квалификации;
- данные предыдущих экспертиз и анализов ИЧФ;
- исходные данные моделирования, если таковые имеются (например, частичного моделирования задачи).

ПЛАНИРОВАНИЕ ВЕРИФИКАЦИИ И ВАЛИДАЦИИ

5.11. Мероприятия по верификации и валидации должны быть зафиксированы в плане верификации и валидации с точки зрения человеческих факторов. В этом плане должны быть указаны уровень независимости и используемые ресурсы, методы оценки, а также стандарты и правила.

5.12. Планирование верификации и валидации — это итеративная деятельность, которая учитывает изменения в проекте по мере его осуществления, например:

- по мере появления новых интерфейсов;

- по мере детализации регламентов;
- по мере обучения операторов;
- по мере того, как модели становятся все более реалистичными.

5.13. В плане верификации и валидации должны указываться:

- круг вопросов, охватываемых оценкой;
- потребности в сборе и анализе данных;
- показатели эффективности;
- критерии оценки и приемлемости;
- лица, участвующие в оценке;
- потребности в обучении членов оценочной группы, в том числе тех, кто участвует в работе в качестве представителя пользователей;
- среда тестирования;
- график.

5.14. Кроме того, в плане верификации и валидации должны указываться:

- выбор сценариев;
- материалы⁵ и инструменты, которые будут использоваться оценочной группой.

5.15. В плане верификации и валидации должны также излагаться цель и ожидаемый результат, которые покажут, что проект ЧМИ соответствует:

- требованиям проекта в части ИЧФ (например, требованиям эргономики и требованиям, специфичным для данного проекта);
- критериям приемлемости станции для эксплуатации;
- регулирующим требованиям, касающимся реакции оператора.

5.16. В плане верификации и валидации должны также описываться следующие процессы:

- анализ и оценка всех проблем, связанных с ИЧФ;
- отслеживание проблем, связанных с ИЧФ;
- подход к устранению недоработок проекта.

⁵ «Материалы» включают аудиозаписи, видеозаписи, компьютерные записи и вопросники.

5.17. Валидация должна планироваться и проводиться многодисциплинарной валидационной группой, обладающей разноплановыми навыками и экспертными знаниями (например, специалисты по эксплуатации станции, инструкторы, эксперты по эксплуатации в случае инцидентов и аварий, эксперты по ИЧФ).

5.18. Участники, проводящие валидационное тестирование, должны быть распределены в соответствии с организационной структурой, которая будет существовать на станции при ее эксплуатации в будущем.

5.19. Участники валидационного тестирования должны представлять персонал станции, который будет использовать ЧМИ (например, лицензированных операторов, а не инструкторов или инженеров).

5.20. Валидационная группа должна быть обучена методам сбора данных.

МЕТОДЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

5.21. Как правило, верификация и валидация с точки зрения человеческих факторов должна включать весь набор или некоторую совокупность следующих методов:

- статическое тестирование (например, чтобы убедиться в том, что система соответствует проектным спецификациям);
- динамическое тестирование (например, тестирование реакции системы с точки зрения скорости и точности);
- тестирование сценариев и частичное моделирование задач или полномасштабное моделирование (например, тестирование реакции оператора с точки зрения скорости и точности);
- наблюдение;
- независимые сообщения (например, вопросники и структурированные собеседования);
- контрольные списки (например, в рамках статического или динамического тестирования);
- пошаговый разбор задач.

5.22. Перед проведением тестирования участники должны быть ознакомлены с соответствующей системой.

5.23. Необходимо обосновать пригодность и пределы репрезентативности испытательных стендов, моделей и имитаторов, используемых при верификационном и валидационном тестировании.

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

5.24. При верификации и валидации с точки зрения человеческих факторов должны применяться соответствующие показатели эффективности действий человека для реальной рабочей среды. К таким показателям можно отнести:

- сложность выполняемой задачи;
- рабочую нагрузку (индивидуальную и коллективную);
- знания, навыки и умения, необходимые в связи с проектированием;
- последовательность операций и время реагирования;
- требования к владению ситуацией (индивидуальному и коллективному);
- требования к использованию регламентов;
- требования к обнаружению неблагоприятных условий и реагированию на них;
- требования к взаимодействию и коммуникации между пользователями, а также с другими коллективами.

5.25. К возможным качественным и количественным показателям эффективности действий человека можно отнести:

- время;
- точность;
- частоту коммуникации и содержание передаваемых сообщений;
- долю обнаруженных ошибок и долю исправленных ошибок;
- параметры, относящиеся к владению ситуацией (например, распознавание подсказок, осмысление и прогнозирование);
- использование методов коллективного принятия решений;
- время фиксации глаз и время покоя (например, при окулографии);
- усталость;
- вероятность успешного выполнения задачи.

КРИТЕРИИ ВЕРИФИКАЦИИ

5.26. Критерии, применяемые для верификации, должны включать стандарты и руководящие принципы ИЧФ, использованные при проектировании. Выбор стандартов и руководящих принципов ИЧФ, которые будут использоваться при верификации, зависит от характеристик компонентов ЧМИ, охватываемых оценкой.

5.27. Верификация проекта ЧМИ также должна быть проведена для определения того, выполнены ли требования к задачам, которые были установлены в ходе анализа задач ИЧФ (например, требования, связанные с ограничениями по времени, последовательностью и точностью).

ВАЛИДАЦИОННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ

5.28. Тестовые сценарии, выбранные для валидации проекта с точки зрения человеческих факторов, должны быть как можно более реалистичными, в том числе:

- имитаторы и испытательные стенды должны соответствовать конструкции и физической планировке станции;
- тестируемые сценарии должны быть репрезентативными для условий эксплуатации во всех состояниях станции и должны включать в себя события (например, отказы) и условия их возникновения;
- эксплуатационные задачи должны быть репрезентативными для тех, которые выполняются на станции (например, мониторинг, обнаружение, диагностика, прогнозирование изменений параметров, наблюдение, управление и ручное восстановление автоматических систем управления);
- участники должны пройти обучение и должны занимать в тестовом сценарии положение, соответствующее уровню их квалификации и ответственности;
- применяемые процедуры должны быть аналогичны тем, которые будут использоваться в соответствующих условиях эксплуатации;
- следует протестировать весь спектр взаимодействий между людьми, ожидаемых во время сценариев.

5.29. Необходимо обосновать правдоподобность тестируемых ситуаций и их репрезентативность.

СБОР ДАННЫХ

5.30. В плане верификации и валидации с точки зрения человеческих факторов должны быть зафиксированы способы сбора данных. В этом плане должна быть указана продолжительность тестирования или количество пробных тестов, тестируемые системы и подсистемы, а также количество тех, у кого будут собираться данные.

5.31. Сбор данных должен проводиться в ходе тестирования на макетах, имитаторах частичного выполнения задач на местах и полномасштабных имитаторах, чтобы, к примеру, оценить:

- действия, выполняемые участниками тестирования (например, посредством ручного сбора данных наблюдателями во время каждого теста);
- коммуникацию между участниками тестирования на пункте управления, а также коммуникацию между пунктом управления и другими коллективами, участвующими в эксплуатации станции и принятии антикризисных мер.

5.32. Необходимо собрать данные о недостатках (т.е. о выявленных трудностях и ошибках, допущенных участниками тестирования), а также о простоте использования инструментов, предусмотренных проектом. Таким образом, валидационные тесты должны использоваться для определения того, какие ресурсы обеспечивают выполнение действий оператора в целях безопасности, и того, какие ресурсы нуждаются в улучшениях, например:

- для облегчения наблюдения за станцией и лучшего владения ситуацией;
- для оптимизации рабочей нагрузки персонала;
- для поощрения взаимодействия и коммуникации между сотрудниками.

5.33. Способы сбора данных при валидационном тестировании должны давать возможность проводить как объективные измерения (например, измерения времени, затраченного на выполнение какого-либо действия), так и субъективные измерения (например, измерения путем проведения субъективного опроса на тему рабочей нагрузки, как она воспринимается персоналом).

5.34. Собранные данные должны давать возможность проведения углубленного анализа каждой тестируемой ситуации, охватывающего, к примеру:

- хронологию выполненных действий;
- определение задач, которые выполнялись на неизменно высоком уровне и без проблем;
- выявление и анализ необычных случаев, возникающих при выполнении сценария (например, любых трудностей, с которыми сталкивается персонал, колебаний по поводу того, как действовать дальше, и недоразумений между сотрудниками пункта управления в отношении состояния систем или оборудования).

5.35. Данные, собранные во время и после тестирования, должны быть доступны для анализа.

АНАЛИЗ ДАННЫХ

5.36. Анализ валидационных тестов должен предполагать обстоятельное изучение собранных данных. Он должен охватывать как ошибки, допущенные участниками тестирования, так и действия человека, которые были выполнены успешно. Кроме того, во всех протестированных эксплуатационных ситуациях в анализе должен делаться акцент на:

- системах, которые успешно использовались участниками тестирования и которые отвечают их потребностям;
- системах, использование которых было затруднено;
- подразумеваемом значении результатов тестирования для безопасности;
- предложениях по улучшению дизайна (внесенных как аналитиком, так и пользователями).

5.37. Анализ собранных данных должен продемонстрировать эффективность систем, предоставленных в распоряжение персонала, и организационных положений, а также показать, что участники тестирования без излишней нагрузки смогли:

- осмыслить ситуацию;
- выполнить необходимые действия, приняв во внимание соответствующие требования;

— взаимодействовать друг с другом на пункте управления, а также с персоналом, с которым приходится взаимодействовать сотрудникам пункта управления (например, с персоналом по техническому обслуживанию, персоналом по автоматическим системам управления и антикризисными структурами).

5.38. Проблемы ИЧФ, возникающие в ходе кампании по тестированию, должны систематически фиксироваться и отслеживаться.

5.39. Решения, применяемые для смягчения проблем ИЧФ, и эффективность этих решений должны фиксироваться, оцениваться и отслеживаться.

5.40. Данные, собранные в ходе каждой кампании по тестированию, и результаты их анализа должны документироваться.

РЕЗУЛЬТАТЫ

5.41. Результаты каждой кампании по верификационному и валидационному тестированию должны документироваться.

5.42. Следует подготавливать отчет о выполненной верификации и валидации, в котором будут кратко излагаться план тестирования, результаты тестирования, предложения по улучшению ситуации и сделанные выводы.

5.43. Любые расхождения со стандартами ИЧФ и целями безопасности должны изучаться, устраняться и документироваться.

5.44. Следует указывать на все аспекты, которые не могли быть рассмотрены в ходе верификационного и валидационного тестирования и валидацию которых потребуется выполнить на площадке после ввода станции в эксплуатацию.

6. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОЕКТА С УЧЕТОМ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

6.1. Осуществление проекта с учетом инженерии человеческих факторов охватывает разработку, выполнение и оценку результатов процесса проектирования с учетом инженерии человеческих факторов.

6.2. Осуществление проекта должно происходить в рамках официальных программ строительства и ввода в эксплуатацию, программы лицензирования или процессов модификации станции.

6.3. Осуществление проекта с учетом ИЧФ должно предполагать оценку того, соответствует ли фактически реализованный проект верифицированному и валидированному проекту и не возникнет ли каких-либо непредвиденных проблем при осуществлении этого проекта на реальной станции и в реальной рабочей среде.

6.4. Осуществление проекта с учетом ИЧФ должно подтвердить, что:

- выполнение процесса проектирования соответствует его технической спецификации с точки зрения стандартов, функциональности и показателей безопасности;
- реализованный проект не вызвал никаких проблем или коллизий (например, связанных с безопасностью, работоспособностью или культурными аспектами), затрагивающих персонал, систему менеджмента, конструкции, системы или элементы (например, несогласованности с существующими системами или интерфейсами).

6.5. При осуществлении проекта с учетом ИЧФ должно учитываться влияние проекта на следующие элементы:

- организационные факторы;
- факторы, связанные с персоналом;
- планирование рабочего процесса;
- анализ безопасности;
- вероятностную оценку безопасности и анализ надежности действий человека;
- ЧМИ;
- оборудование;
- регламенты;
- обучение;
- справочную документацию станции;
- рабочую среду.

6.6. На этапе осуществления проекта с учетом ИЧФ необходимо уделять должное внимание следующим аспектам:

- оценке, в которой рассматриваются последствия фактически реализованного проекта для действий, которые могут потребоваться для смягчения любых нежелательных последствий осуществления проекта с учетом ИЧФ;
- элементам, которые должны иметься в наличии перед началом осуществления (например, обучению группы по осуществлению проекта навыкам использования имитаторов или испытательных стендов, необходимого для того, чтобы они могли достичь желаемого уровня выполнения задач);
- определению критериев успешного осуществления. Это может быть увязано с системой мониторинга действий человека, чтобы убедиться, что тестируются или измеряются именно те аспекты действий человека, которые необходимы;
- методу фиксации, оценки и решения проблем, связанных с ИЧФ, которые выявляются на этапе осуществления проекта с учетом ИЧФ;
- там, где это практически осуществимо — стратегиям действий на случай, если осуществление проекта с учетом ИЧФ не достигнет поставленных целей.

6.7. Результаты осуществления проекта с учетом ИЧФ должны быть документально зафиксированы, и должны быть сведены воедино доказательства того, что:

- результаты проекта, в том числе вспомогательные средства (например, ЧМИ, регламенты и обучение), отвечают соответствующим стандартам и критериям эффективности и успеха, определенным в начале проекта;
- все негативные воздействия на людей, технологию и организацию находятся в допустимых пределах или соответствующим образом смягчены;
- все изменения, внесенные в фактически реализованный проект, отражены в чертежах и материалах станции (например, в учебных материалах, регламентах, чертежах, имитаторах, организационных структурах и вспомогательном оборудовании);
- все проблемы ИЧФ, выявленные до осуществления проекта с учетом ИЧФ, адекватно решены;
- все новые проблемы ИЧФ фиксируются и оцениваются, и разработан подходящий план их решения;
- все оставшиеся несоответствия оценены и признаны приемлемыми с точки зрения безопасности.

7. МОНИТОРИНГ ДЕЙСТВИЙ ЧЕЛОВЕКА

7.1. Мониторинг действий человека должен быть активным и постоянным процессом подтверждения того, что проект остается эффективным с точки зрения надлежащей поддержки персонала, чтобы тот мог безопасно и эффективно выполнять свои рабочие задачи. Мониторинг действий человека дает представление о следующем:

- соответствует ли дизайн ЧМИ (и будет ли он и далее соответствовать) первоначальным предположениям в отношении безопасности, работоспособности и эффективности;
- может ли дизайн ЧМИ эффективно использоваться эксплуатационным персоналом для выполнения своих задач на блочном пункте управления, дополнительном пункте управления, местных постах управления и в службах аварийного реагирования;
- оказывают ли изменения, внесенные в дизайн ЧМИ, регламенты и обучение, какое-либо негативное влияние на то, как операторы выполняют свои рабочие задачи;
- могут ли задачи человека быть выполнены в соответствии с требованиями быстроты реагирования и требованиями эффективности;
- поддерживается ли уровень эффективности, установленный на стадии валидации системы, в течение всего срока службы станции;
- являются ли вспомогательные средства, такие как надзор, обучение, штатное расписание, регламенты, средства индивидуальной защиты, инструменты и рабочие приспособления, подходящими и достаточными для поддержки персонала, чтобы тот мог выполнять свои задачи.

7.2. При мониторинге действий человека должно учитываться следующее:

- лица, ответственные за мониторинг действий человека, и те, кто пользуется его результатами, должны быть соответствующим образом обучены;
- лица, ответственные за мониторинг действий человека, должны иметь соответствующую квалификацию и опыт в области учета человеческих и организационных факторов, использования системных подходов и методов анализа первопричин;
- должны быть всесторонне осмыслены причины и значение неудовлетворительных действий человека и определены средства для их улучшения;

- необходимо сформировать культуру открытой и честной передачи сообщений, чтобы обеспечить эффективное использование механизма передачи сообщений о проблемах пользователями системы;
- действия человека влияют на индивидуальную и коллективную работу на всех уровнях организации; таким образом, эффективный мониторинг действий человека должен предполагать сбор данных на всех уровнях;
- необходимо отслеживать прогресс в реагировании на снижение эффективности действий человека и борьбе с ним, чтобы убедиться, что такое реагирование происходит в соответствующие сроки.

7.3. Тренировки и учения, проводимые на станции — это хорошая возможность для сбора информации о действиях человека при самых разнообразных типах реагирования на станции во всех ее состояниях. Когда это практически возможно, следует добиваться высоких уровней аутентичности, чтобы приблизить тренировки к условиям, возникающим во время реального события.

7.4. В случае новых строительных проектов, в которых эксплуатирующая организация не выступает в качестве проектировщика, необходимо проследить за тем, чтобы сделанные на этапе проектирования предположения о действиях человека были учтены и подтверждены на этапах ввода в эксплуатацию и эксплуатации.

8. ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕДУР

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

8.1. Компьютеризированные процедуры могут использоваться для содействия эксплуатационному персоналу в выполнении задач мониторинга и обнаружения, оценки ситуации, планирования и осуществления мер реагирования благодаря преобразованию регламентов, хранящихся на бумажных носителях, в цифровую форму, чтобы обеспечить разные уровни функциональности, включая различные уровни автоматизации.

8.2. Если компьютеризированные процедуры будут вводиться на действующей станции, в программе ИЧФ следует продумать, как именно они будут внедряться, чтобы обеспечить надлежащую функциональность и соответствие ожиданиям и опыту эксплуатационного персонала.

8.3. Компьютеризированные процедуры должны быть включены в станционную программу управления конфигурацией.

8.4. При разработке компьютеризированных процедур следует учитывать практическую возможность разработки, обеспечения качества, рассмотрения, верификации, валидации, контроля и актуализации этих процедур.

8.5. Системы компьютеризированных процедур бывают трех типов:

- системы типа I представляют собой эквивалентное воспроизведение регламентов, хранящихся на бумажных носителях, и не предусматривают ввода никакой обработанной информации или информации в режиме реального времени;
- системы типа II дополняют регламенты динамическими встроенными данными о технологическом процессе;
- системы типа III предоставляют возможности систем типа II и включают встроенные мягкие органы управления для манипулирования станционным оборудованием. Системы типа III могут включать в себя возможность создания автоматизированных последовательностей шагов, которые автоматически выполняют действия, описанные в регламенте.

ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕДУР

8.6. При разработке компьютеризированных процедур как для новых, так и для существующих станций следует применять ИЧФ.

8.7. К компьютеризированным процедурам должны применяться следующие принципы ИЧФ:

- отображение, насколько это практически достижимо, только информации, относящейся к выполняемой задаче;

- постоянное предоставление отличительной информации (например, названия, номера версии, даты, названия станции и подразделения) для каждой процедуры;
- обеспечение последовательного отображения и расположения информации, навигационных средств, средств управления и других прикладных меню на каждом дисплее системы компьютеризированных процедур;
- организация системы компьютеризированных процедур (включая, например, ее структуру, формат, навигационные меню и средства управления) таким образом, чтобы ее можно было адаптировать к любому устройству, на котором будет использоваться эта система.

8.8. Следует использовать достаточное количество дисплеев, чтобы у оператора имелась вся информация, необходимая для правильного выполнения процедуры.

8.9. ЧМИ компьютеризированных процедур должен обеспечивать простую навигацию между дисплеями.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С СИСТЕМОЙ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕДУР

8.10. Рекомендации в отношении возможностей взаимодействия, изложенные в пунктах 8.11–8.20, применимы к компьютеризированным процедурам типа I, типа II и типа III, если не указано иное.

8.11. Предупреждения и предостережения, которые делаются в каком-либо шаге процедуры, должны отображаться таким образом, чтобы:

- они выводились в тот момент, когда этот шаг отображается на дисплее;
- они считывались оператором перед выполнением действий, описанных в этом шаге;
- каждое предупреждение или предостережение выводилось таким образом, чтобы его можно было легко отличить от других предупреждений или предостережений.

8.12. Каждый набор соответствующих элементов должен выводиться в виде списка, который:

- облегчает обработку информации оператором;

- позволяет четко отличить каждый набор элементов от других наборов элементов;
- включает заголовок, определяющий содержание списка.

8.13. Должен указываться статус шагов процедуры (например, завершен ли шаг, находится ли он в процессе выполнения, проверен и одобрен, если это необходимо, либо не выполнен). Для систем типа I должна быть предусмотрена возможность отслеживания статуса шагов вручную. При необходимости следует также включить инструкцию в отношении альтернативных действий.

8.14. В случае компьютеризированных процедур типа II и типа III система должна записывать и хранить данные о ходе выполнения процедуры. В рамках системы компьютеризированных процедур может потребоваться одновременное выполнение нескольких процедур.

8.15. В таких случаях следует надлежащим образом распределить людские ресурсы и скоординировать выполнение нескольких процедур. Например, когда одновременно выполняется несколько процедур, выполняемая процедура и статус шагов этой процедуры должны отображаться на всех устройствах.

8.16. Система компьютеризированных процедур должна включать функции поддержки навигации, позволяющие оператору перемещаться в рамках данной процедуры (между шагами или к другим частям одной и той же процедуры) и от одной процедуры к другой (например, при помощи активных ссылок).

8.17. Примечания, предупреждения и предостережения должны быть доступны оператору при использовании всех типов компьютеризированных процедур.

8.18. Оператору должны быть доступны данные и логические правила, которые используются системой компьютеризированных процедур.

8.19. Система компьютеризированных процедур должна давать возможность операторам делать пояснения и комментарии относительно выполнения процедуры. Эти замечания следует сохранять и архивировать для просмотра в будущем.

8.20. Система компьютеризированных процедур может подсказать, какую процедуру следует использовать, но ответственность за это решение должна лежать на операторах, которые должны принимать его исходя из состояния станции. Это относится к компьютеризированным процедурам типа II и типа III.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕДУР

8.21. Система компьютеризированных процедур должна уведомлять оператора, когда состояние станции требует начала какой-либо процедуры, прекращения процедуры или перехода от одной процедуры к другой.

8.22. Системой компьютеризированных процедур должна автоматически предоставляться точная информация о состоянии параметров и оборудования.

8.23. Информация и вспомогательные средства для оператора, предоставляемые системой компьютеризированных процедур, должны быть контекстно-зависимыми, чтобы оператор не получал неуместную информацию.

8.24. Система компьютеризированных процедур может автоматически обрабатывать определенные шаги в рамках процедуры. Результаты автоматической обработки шагов должны подсвечиваться, чтобы быть заметными оператору. В системе компьютеризированных процедур должны указываться те шаги (например, шаги, выполняемые в определенный момент времени, и шаги, увязанные с технологическим процессом), которые требуют постоянного контроля со стороны оператора. Система компьютеризированных процедур должна предупреждать оператора о достижении ожидаемых условий при выполнении этих шагов. Кроме того, система компьютеризированных процедур должна сообщать, прекратился ли или еще продолжается мониторинг параметров.

8.25. Система компьютеризированных процедур, включающая мягкие органы управления для манипулирования станционным оборудованием (для процедур типа III), должна давать оператору необходимую информацию для эффективного использования этих органов управления.

ДЕГРАДАЦИЯ И СБОИ В РАБОТЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕДУР

8.26. Должны быть разработаны руководства по переходу на резервные процедуры (например, процедуры на основе бумажных носителей, резервные панели с аппаратурой), а также, при необходимости, по возвращению от резервных процедур к компьютеризированным процедурам.

8.27. Система компьютеризированных процедур должна распознавать ухудшение условий и сбои, требующие перехода к резервным процедурам, и указывать на них.

8.28. Операторам должны быть доступны процедуры на основе бумажных носителей, используемые в качестве резервных.

8.29. Структура и формат информации, используемой в компьютеризированных процедурах, должны быть совместимы со структурой и форматом информации в резервных процедурах.

8.30. Когда возникает необходимость перехода на резервную процедуру на основе бумажных носителей, в наличии должна иметься следующая информация:

- процедуры, которые выполнялись в текущий момент;
- уже выполненные и еще не выполненные шаги процедуры, включая шаг, на котором выполнение процедуры было прервано;
- информация о шагах или условиях, которые контролировались при переходе на резервные процедуры;
- информация, необходимая для продолжения выполнения процедуры с того места, где она была прервана, во избежание повторения уже выполненных шагов.

8.31. В руководстве по переходу на резервные процедуры должны учитываться виды отказа, связанные с системой компьютеризированных процедур, и уточняться необходимые действия оператора во время отказа системы компьютеризированных процедур и после восстановления системы компьютеризированных процедур. Эти действия должны описываться с позиции оператора.

8.32. Должно быть подтверждено, что время, необходимое для перехода на резервные процедуры, соответствует функциональным требованиям к компьютеризированным процедурам.

8.33. Обучение компьютеризированным процедурам должно включать в себя конкретные шаги, необходимые для перехода к процедурам на основе бумажных носителей.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ШАГОВ В КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕДУРАХ

8.34. Самый высокий уровень компьютеризированных процедур — это автоматизация (т.е. автоматические последовательности шагов, при помощи которых выполняются описанные в процедуре действия). Автоматизация последовательностей шагов процедуры применима только к процедурам типа III.

8.35. Выполнение автоматических последовательностей в компьютеризированных процедурах должно быть разрешено и взято под контроль операторами, которые отвечают за безопасную эксплуатацию станции.

8.36. Операторы должны иметь возможность решать, выполнять ли шаги компьютеризированной процедуры вручную или задействовать автоматику.

8.37. Операторы должны нести ответственность за выбор процедуры, которая будет использоваться.

8.38. Автоматические последовательности шагов должны быть включены в единую процедуру (т.е. каждая последовательность должна начинаться и заканчиваться в пределах одной процедуры).

8.39. Система компьютеризированных процедур должна предоставлять операторам детальную информацию о конкретных последовательностях шагов.

8.40. Операторам должна также предоставляться информация о ходе выполнения автоматических последовательностей (т.е. информация о выполненных, текущих и ожидающих выполнения шагах).

8.41. Должна предоставляться информация о сбоях автоматики и о той точке в последовательности шагов, в которой произошел сбой.

8.42. Система компьютеризированных процедур должна предоставлять операторам информацию о необходимых начальных условиях, которые должны быть выполнены, прежде чем начнется выполнение автоматической последовательности шагов.

Точки приостановки автоматических последовательностей шагов

8.43. Автоматическая последовательность шагов может иметь точку приостановки — заранее определенную точку процедуры, в которой выполнение процедуры будет приостановлено и оператору будет предложено подтвердить статус автоматической последовательности и дать разрешение на продолжение процедуры.

8.44. Точки приостановки должны быть включены в автоматические последовательности для того, чтобы:

- помочь оператору оценить ход работы автоматики и принять любые соответствующие решения или внести необходимые коррективы для продолжения процедуры;
- держать оператора в курсе состояния станционного оборудования, задействованного в выполнении последовательности шагов;
- оператор мог дать разрешение на продолжение процедуры.

8.45. Система компьютеризированных процедур должна позволять оператору добавить дополнительные временные точки приостановки перед запуском автоматической последовательности шагов.

8.46. Система компьютеризированных процедур не должна давать оператору возможности отмены заранее определенных точек приостановки.

8.47. Цель точек приостановки, определенных в процедуре — удержать процедуру в стабильном состоянии, в котором оператор сможет правильно оценить состояние процедуры и принять необходимые решения для ее продолжения.

Прерывание автоматических последовательностей шагов

8.48. При прерывании автоматических последовательностей шагов система компьютеризированных процедур должна позволить оператору либо безопасно перейти от автоматического выполнения процедуры к ручному, либо возобновить автоматическое выполнение.

8.49. Система компьютеризированных процедур должна предоставлять информацию о прерывании, например о том, почему последовательность была прервана, какие шаги выполнены, а какие еще предстоит выполнить.

8.50. Система компьютеризированных процедур должна быть способна автоматически прервать автоматическую последовательность шагов в том случае, если то или иное необходимое условие для завершения шага не выполнено или если безопасное завершение текущего шага не может быть гарантировано по какой-либо другой причине.

8.51. Система компьютеризированных процедур должна предупреждать оператора о любом прерывании автоматической последовательности шагов.

9. ИНТЕГРАЦИЯ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

ПОДГОТОВКА И РАССМОТРЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ОБОСНОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

9.1. В главе отчета по обоснованию безопасности, посвященной ИЧФ, должна описываться программа ИЧФ и ее применение при проектировании конкретной станции.

9.2. В отчете по обоснованию безопасности должны освещаться как минимум следующие аспекты ИЧФ:

- управление программой ИЧФ, включая полномочия и надзор за применением ИЧФ в процессе проектирования;
- применяемые методы анализа человеческих факторов;

- предположения, используемые при выборе проекта ЧМИ с учетом ИЧФ;
- верификация и валидация с точки зрения человеческих факторов, включая выявление и решение проблем ИЧФ в ходе проектирования и предположения, сделанные во время анализа;
- описание того, как проект ЧМИ был реализован на станции в целом;
- описание стратегии мониторинга действий человека применительно к выполнению важных для безопасности задач.

9.3. Необходимо провести экспертизу, чтобы убедиться, что в проект и отчет по обоснованию безопасности были включены приемлемые методы и руководящие принципы ИЧФ.

9.4. Всякий раз, когда в обосновании безопасности предусматриваются ручные действия в качестве резервных по отношению к автоматическим, следует рассматривать возможность включения в анализ проекта анализа ИЧФ, чтобы содействовать разнообразию применяемых методов.

9.5. В отчете по обоснованию безопасности должны быть зафиксированы модификации на станции в части, касающейся человеческих факторов.

9.6. Рекомендации по форме и содержанию отчета по обоснованию безопасности приведены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-61 «Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants» («Форма и содержание отчета по обоснованию безопасности атомных электростанций») [13].

МОДИФИКАЦИИ НА СТАНЦИИ

9.7. В SSR-2/2 (Rev. 1) [2], пункт 4.40, говорится следующее: «Последствия модификации для выполнения работниками заданий и производительности их труда систематически анализируются. При всех модификациях станции надлежащим образом учитываются человеческие и организационные факторы».

9.8. Всякий раз, когда результатом модификаций на станции становится изменение задач человека, следует проводить анализ аспектов ИЧФ для определения потенциального влияния этого на риск. Это относится как к незначительным, так и к крупным модификациям.

9.9. Всякий раз, когда в регламенты, которые учитываются в анализе безопасности, вносятся изменения (например, в последовательность, сроки и объем работы), следует проводить анализ аспектов ИЧФ.

9.10. К программе ИЧФ в случае модификаций на станции следует применять дифференцированный подход.

9.11. Любая модификация, предусматривающая технические решения в области ИЧФ, должна быть включена в средства управления станцией (например, в документацию, регламенты, планировку, административный контроль и обучение) прежде, чем эта модификация будет реализована на практике.

9.12. Рекомендации по контролю деятельности, связанной с модификациями на атомных электростанциях, содержатся в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.3 «Модификации на атомных станциях» [14].

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ

9.13. В данном разделе приведены рекомендации в отношении мероприятий по ИЧФ, которые дополняют рекомендации, содержащиеся в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-25 «Периодическое рассмотрение безопасности атомных электростанций» [15].

9.14. Периодическая экспертиза безопасности должна подтвердить, остаются ли в силе предположения, сделанные относительно:

- наиболее ресурсоемких условий, достижимых для каждого эксплуатационного режима или состояния станции;
- целесообразности разделения и координации работы в наиболее ресурсоемких условиях, что оценивается при помощи распределения функций, анализа задач и анализа рабочей нагрузки.

9.15. В ходе периодической экспертизы безопасности следует рассматривать вопрос о том, подходят ли и достаточны ли для наиболее ресурсоемких условий штатное расписание, организационная структура, дизайн системы, обучение, регламенты, инструменты, оборудование и другие ресурсы, необходимые для успешных действий человека.

9.16. В ходе периодической экспертизы безопасности следует рассматривать вопрос о том, сохраняют ли актуальность мероприятия по верификации и валидации с точки зрения ИЧФ, о которых говорилось в разделе 5, использованные для подтверждения предположений и утверждений в отношении задач человека, определенных в обосновании безопасности.

9.17. В ходе периодической экспертизы безопасности следует рассматривать вопрос о том, согласуются ли предположения, сделанные в отношении компетенций персонала, с ограничениями и возможностями человека, требованиями задачи и регулируемыми требованиями.

9.18. Периодическая экспертиза безопасности должна использоваться для определения реально осуществимых улучшений, которые могут быть внесены в управление человеческими и организационными факторами для обеспечения успешных действий человека, в том числе благодаря программе ИЧФ.

10. ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВЫБОРЕ И ЗАКУПКЕ ПРОДУКЦИИ

10.1. В данном разделе приведены рекомендации по вопросам ИЧФ при выборе, закупке, интеграции и использовании ряда продуктов, таких как средства индивидуальной защиты (например, для технического обслуживания, инспекций, мониторинга аварий и эксплуатации оборудования для смягчения последствий тяжелых аварий), готовые коммерческие продукты и мобильные устройства (например, ручные, портативные и носимые устройства).

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

10.2. Средства индивидуальной защиты и их характеристики должны быть подобраны таким образом, чтобы они соответствовали антропометрическим данным пользователей, задачам, которые будут выполняться при их ношении, и диапазону сред, в которых, как ожидается, будут работать пользователи. Критерии проектирования с учетом ИЧФ, относящиеся к использованию средств индивидуальной защиты, должны применяться

к предполагаемому назначению этих средств, а также к инструментам и рабочим приспособлениям, которые разрешается использовать при их ношении.

10.3. Средства индивидуальной защиты не должны существенным образом влиять на надежность выполнения задачи.

10.4. Следует проводить анализ ИЧФ для определения того, может ли быть выполнена данная задача при использовании средств индивидуальной защиты, которые могут повлиять на зрение, слух, ловкость, подвижность или способность пользователей работать при экстремальных температурах.

10.5. Средства индивидуальной защиты должны проходить верификацию и валидацию в соответствии с их назначением в различных станционных условиях (например, посредством учений и отработки противоаварийных мер). В ходе этой верификации и валидации должен учитываться весь диапазон антропометрических данных пользователей.

ГОТОВЫЕ КОММЕРЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ

10.6. Если в существующую систему интегрируются готовые коммерческие продукты, то при выборе этих продуктов должны учитываться человеческие факторы, согласующиеся со стратегией проектирования, эксплуатации и технического обслуживания станции.

10.7. Если в новую или существующую систему интегрируется какой-либо готовый коммерческий готовый продукт или разнообразные готовые коммерческие продукты, то следует уделить внимание выбору тех продуктов, которые обеспечат согласованность характеристик ЧМИ:

- в рамках каждой системы;
- между однотипными системами, которые уже используются операторами;
- с существующими характеристиками ЧМИ на станции.

10.8. Если в существующую систему планируется привнести готовый коммерческий продукт, необходимо оценить его влияние на действия человека.

10.9. Следует применить методы ИЧФ для того, чтобы убедиться, что установка готового коммерческого продукта не повлечет за собой нежелательных изменений в рабочей среде или в способе выполнения задач.

10.10. Следует применить методы ИЧФ для определения того, не потребует ли установка готового коммерческого продукта дополнительного обучения, модифицированных или новых регламентов, технического обслуживания или тестирования либо изменения требований к навыкам и квалификации.

МОБИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

10.11. К рассматриваемым мобильным устройствам должны относиться ручные, портативные и носимые устройства.

10.12. Выбор мобильных устройств должен основываться на анализе, показывающем, пригодно ли данное мобильное устройство для выполнения задачи и в течение какого времени пользователи должны быть способны держать устройство, взаимодействовать с ним, транспортировать его или носить его на себе. Мобильное устройство также должно быть пригодным для выполнения задачи, если его пользователи применяют средства индивидуальной защиты.

10.13. Мобильные устройства и их характеристики должны выбираться таким образом, чтобы они были совместимы с антропометрическими данными пользователей, условиями внешней среды и критериями проектирования с учетом ИЧФ (например, для подсветки, удобства держания в руке, размера, веса и параметров обработки информации человеком).

10.14. Мобильные устройства, пока они не используются, не должны мешать выполнению других задач.

10.15. В соответствующих случаях пользователям должно быть известно о требованиях, предъявляемых к мобильным устройствам в экстремальных условиях (например, использование устройств в защищенном корпусе).

10.16. При анализе с учетом ИЧФ должны приниматься во внимание вопросы хранения мобильных устройств.

10.17. Следует принять во внимание требования к синхронизации или калибровке мобильных устройств.

10.18. Что касается мобильных компьютерных устройств, то большое значение для безопасности имеет обработка ошибок из-за потенциальных ограничений на использование таких устройств. В ходе анализа с учетом ИЧФ должна быть определена необходимость в:

- функциях исправления ошибок (например, в несложном способе исправления ошибочно введенных данных и исправления отдельных ошибок без необходимости повторного ввода правильных команд или данных);
- функциях раннего обнаружения и исправления ошибок пользователями и программным обеспечением после ввода данных с клавиатуры, но до входа в систему;
- проверке ошибок таким образом, чтобы не отвлекать пользователя (например, в конце полей данных, а не посимвольно);
- контроле процесса пользователем, когда оборудование управляется с мобильного устройства (например, возможности остановить процесс в любой точке последовательности в результате обнаружения ошибки).

10.19. Следует учитывать возможность помех от радиационных полей высокой интенсивности, поскольку такие радиационные поля, по всей вероятности, будут создавать ограничения при проектировании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: проектирование, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-2/1 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2016).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: ввод в эксплуатацию и эксплуатация, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-2/2 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2017).
- [3] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка безопасности установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 4 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2016).
- [4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Лидерство и менеджмент для обеспечения безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 2, МАГАТЭ, Вена (2017).
- [5] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Применение системы управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [6] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система управления для ядерных установок, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.5, МАГАТЭ, Вена (2014).
- [7] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Учет опыта эксплуатации ядерных установок, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-50, МАГАТЭ, Вена (2022).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.11, IAEA, Vienna (2004). (Готовится к изданию новая редакция данного руководства по безопасности.)
- [9] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ИНТЕРПОЛ, МЕЖДУНАРОДНАЯ МОРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ КОМИССИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПО ДОГОВОРУ О ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО КООРДИНАЦИИ ГУМАНИТАРНЫХ ВОПРОСОВ, Готовность и реагирование в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 7, МАГАТЭ, Вена (2016).

- [10] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Программы управления авариями на атомных электростанциях, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-54, МАГАТЭ, Вена (2023).
- [11] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Пределы и условия для эксплуатации и эксплуатационные процедуры для атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.2, МАГАТЭ, Вена (2004). (Готовится к изданию новая редакция данного руководства по безопасности.)
- [12] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Набор, квалификация и подготовка персонала для атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.8, МАГАТЭ, Вена (2005). (Готовится к изданию новая редакция данного руководства по безопасности.)
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-61, IAEA, Vienna (в стадии подготовки).
- [14] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Модификации на атомных станциях, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.3, МАГАТЭ, Вена (2004). (Готовится к изданию новая редакция данного руководства по безопасности.)
- [15] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Периодическое рассмотрение безопасности атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-25, МАГАТЭ, Вена (2016).

Приложение

БИБЛИОГРАФИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ПО СИСТЕМАМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ И ИНЖЕНЕРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

А–1. Требование 9 документа Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-2/1 (Rev. 1) «Безопасность атомных электростанций: проектирование» [А–1] гласит: **«Узлы АЭС, важные для безопасности, должны проектироваться согласно соответствующим национальным и международным сводам положений и нормам».**

А–2. В настоящем Руководстве по безопасности содержатся высокоуровневые рекомендации, которые широко признаны государствами — членами МАГАТЭ. Помимо руководств, составляемых МАГАТЭ, также существует обширный свод национальных и международных стандартов, содержащих более подробные рекомендации по методам проектирования и характеристикам систем, которые помогают выполнить требования публикации SSR-2/1 (Rev.1) [А–1]. Предполагается, что содержащаяся в этих стандартах информация будет полезной для проектировщиков, эксплуатирующих организаций и регулирующих органов.

А–3. За подготовку большинства международных стандартов по СКУ атомных электростанций отвечают две организации по вопросам разработки стандартов: Международная электротехническая комиссия (МЭК; подкомитет 45) и Институт инженеров по электротехнике и электронике (ИИЭЭ; Комитет по ядерно-энергетической технике). Каждая из этих организаций разработала большое количество стандартов. Обе организации составляют стандарты, отвечающие общим принципам, лежащим в основе требований SSR-2/1 (Rev. 1) [А–1] и рекомендаций настоящего Руководства по безопасности. Таким образом, стандарты любой из этих организаций могут быть использованы в качестве дополнительного материала к рекомендациям настоящего Руководства по безопасности.

А–4. Цель данного приложения — помочь читателю понять, как настоящее Руководство по безопасности соотносится со стандартами МЭК и ИИЭЭ. В таблице А–1 приведен перечень стандартов МЭК и ИИЭЭ, имеющих тесную связь с рекомендациями настоящего Руководства по безопасности.

В таблице А–1 перечислены не все стандарты, входящие в эти две группы стандартов, однако она позволяет найти ключевой стандарт в каждой группе стандартов МЭК и ИИЭЭ.

А–5. В таблице А–2 показана корреляция между этими ключевыми стандартами и основными темами настоящего Руководства по безопасности.

А–6. Были предприняты согласованные усилия с целью не допустить возникновения коллизий между рекомендациями, представленными в настоящем Руководстве по безопасности, и стандартами МЭК и ИИЭЭ. В подготовке настоящего Руководства по безопасности участвовали члены обоих комитетов по стандартам (МЭК и ИИЭЭ), и обе организации по разработке стандартов рецензировали проекты данного документа с целью выявления и устранения расхождений.

А–7. Вместе с тем пользователям необходимо осознавать и принимать в расчет тот факт, что между стандартами МЭК и ИИЭЭ имеются серьезные различия. При разработке своих стандартов МЭК берет за основу публикации МАГАТЭ категорий «Требования безопасности» и «Руководства по безопасности». Вследствие этого в стандартах МЭК содержание сосредоточено на узлах (элементах), важных для безопасности, а руководящие материалы МАГАТЭ по СКУ используются в качестве источника общих рекомендаций.

А–8. Стандарты ИИЭЭ сфокусированы главным образом на узлах (элементах), важных для безопасности, и поэтому рекомендации этой организации напрямую применяются к меньшему кругу функций, систем и оборудования по сравнению с настоящим Руководством по безопасности. Тем не менее рекомендации ИИЭЭ могут быть на основе дифференцированного подхода применены к узлам, связанным с безопасностью (узлам, важным для безопасности, которые не являются системами безопасности).

А–9. К другим руководящим документам (например, публикациям серии NUREG) относятся отчеты или брошюры с изложением решений регулирующих органов, результатов исследований, результатов расследований инцидентов, а также другая техническая и административная информация. В таблице А–2 показано, как эти другие руководящие документы соотносятся с основными темами настоящего Руководства по безопасности.

ТАБЛИЦА А–1. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ, ТЕСНО СВЯЗАННЫЕ С НАСТОЯЩИМ РУКОВОДСТВОМ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Международный стандарт	Наименование
IEC 60960:1988 [A–2]	Functional Design Criteria for a Safety Parameter Display System for Nuclear Power Stations (Функциональные требования к системам представления параметров безопасности для атомных электростанций)
IEC 60964:2018 RLV [A–3]	Nuclear power plants — Control rooms — Design (Атомные электростанции — Пункты управления — Проектирование)
IEC 60965:2016 [A–4]	Nuclear Power Plants — Control Rooms — Supplementary Control Room for Reactor Shutdown without Access to the Main Control Room (Атомные электростанции — Пункты управления — Резервный пункт управления для останова реактора без доступа к блочному пункту управления)
IEC 61227:2008 [A–5]	Nuclear Power Plants — Control Rooms — Operator Controls (Атомные электростанции — Пункты управления — Органы управления оператора)
IEC 61771:1995 [A–6]	Nuclear Power Plants — Main Control-room — Verification and Validation of Design (Атомные электростанции — Блочный пункт управления — Верификация и валидация проекта)
IEC 61772:2009 [A–7]	Nuclear Power Plants — Control Rooms — Application of Visual Display Units (VDUs) (Атомные электростанции — Пункты управления — Применение устройства визуального отображения)
IEC 61839:2000 [A–8]	Nuclear Power Plants — Design of Control Rooms — Functional Analysis and Assignment (Атомные электростанции — Проектирование пунктов управления — Функциональный анализ и распределение функций)
IEC 62241:2004 [A–9]	Nuclear Power Plants — Main Control Room — Alarm Functions and Presentation (Атомные электростанции — Блочный пункт управления — Функции и представление сигнализации)

ТАБЛИЦА А–1. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ, ТЕСНО СВЯЗАННЫЕ С НАСТОЯЩИМ РУКОВОДСТВОМ ПО БЕЗОПАСНОСТИ (продолжение)

Международный стандарт	Наименование
IEEE 845-1999 [A–10]	IEEE Guide for the Evaluation of Human-system Performance in Nuclear Power Generating Stations (Руководство ИИЭЭ по оценке эффективности работы человеко-системного интерфейса на атомных электростанциях)
IEEE 1023-2004 [A–11]	IEEE Recommended Practice for the Application of Human Factors Engineering to Systems, Equipment, and Facilities of Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities (Практические рекомендации ИИЭЭ по применению инженерии человеческих факторов к системам, оборудованию и помещениям атомных электростанций и других ядерных установок)
IEEE 1082-2017 [A–12]	IEEE Guide for Incorporating Human Reliability Analysis into Probabilistic Risk Assessments for Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities (Руководство ИИЭЭ по включению анализа надежности действий человека в вероятностную оценку риска для атомных электростанций и других ядерных установок)
IEEE 1289-1998 [A–13]	IEEE Guide for the Application of Human Factors Engineering in the Design of Computer-based Monitoring and Control Displays for Nuclear Power Generating Stations (Руководство ИИЭЭ по применению инженерии человеческих факторов при проектировании компьютерных дисплеев систем мониторинга и управления на атомных электростанциях)
IEEE 1707-2015 [A–14]	IEEE Recommended Practice for the Investigation of Events at Nuclear Facilities (Практические рекомендации ИИЭЭ по расследованию событий на ядерных установках)
IEEE 1786-2011 [A–15]	IEEE Guide for Human Factors Applications of Computerized Operating Procedure Systems (COPS) at Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities (Руководство ИИЭЭ по применению систем компьютеризированных эксплуатационных процедур (COPS) на атомных электростанциях и других ядерных установках с учетом человеческих факторов)

Примечание. ИЕС (МЭК): Международная электротехническая комиссия; IEEE (ИИЭЭ): Институт инженеров по электротехнике и электронике.

ТАБЛИЦА А–2. КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ МЕЖДУНАРОДНЫМИ СТАНДАРТАМИ, СООТВЕТСТВУЮЩИМИ РУКОВОДСТВАМИ И ТЕМАМИ НАСТОЯЩЕГО РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Раздел настоящего Руководства по безопасности	Международные стандарты по СКУ
1. Введение	
2. Управление программой в области инженерии человеческих факторов	IEC 61513:2011 [A–16], IEEE 1023-2004 [A–11], IEEE 1074-2006 [A–17], ISO/IEC/IEEE 15288:2015 [A–18], NUREG-0711 (Rev. 3) [A–19], INL/CON-12-25117 [A–20], ISO 11064-1-7 [A–21 to A–27]
3. Анализ	IEC 61839:2000 [A–8], IEEE 845-1999 [A–10], IEEE 1082-2017 [A–12], NUREG-0711 (Rev. 3) [A–19], IEEE 1707-2015 [A–14], NUREG/CR-6400 [A–28]
4. Проектирование:	
— Пункты управления	IEC 60964:2018 RLV [A–3], IEC 61227:2008 [A–5], IEC 61771:1995 [A–6], IEC 61772:2009 [A–7], IEC 61839:2000 [A–8], IEC 62241:2004 [A–9], IEEE 576-2000 [A–29], IEEE 1289-1998 [A–13], NUREG-0700 (Rev. 2) [A–30], EPRI — Human Factors Guidance for Control Room Design and Digital Human–system Interface Design and Modification (ЭПРИ — Руководство по учету человеческих факторов при проектировании пункта управления и проектировании и модификации цифрового человеко-системного интерфейса) (2015) [A–31]
— Дополнительные пункты управления	IEC 60965:2016 [A–4], NUREG-0700 (Rev. 2) [A–30]
— Системы отображения параметров безопасности	IEC 60960:1988 [A–2], IEEE 497-2016 [A–32], NUREG-0700 (Rev. 2) [A–30], NUREG-0696 [A–33]

ТАБЛИЦА А–2. КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ МЕЖДУНАРОДНЫМИ СТАНДАРТАМИ, СООТВЕТСТВУЮЩИМИ РУКОВОДСТВАМИ И ТЕМАМИ НАСТОЯЩЕГО РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ (продолжение)

Раздел настоящего Руководства по безопасности	Международные стандарты по СКУ
— Общие принципы, связанные с инженерией человеческих факторов применительно к системам контроля и управления	IEEE 1023-2004 [А–11], IEEE 1082-2017 [А–12], IEEE 1289-1998 [А–13]
5. Верификация и валидация с точки зрения человеческих факторов	NUREG-0711 (Rev. 3) [А–19]
6. Осуществление проекта с учетом инженерии человеческих факторов	IEC 61839:2000 [А–8], IEEE 845-1999 [А–10], IEEE 1082-2017 [А–12], NUREG-0711 (Rev. 3) [А–19]
7. Мониторинг действий человека	IEEE 845-1999 [А–10], NUREG-0711 (Rev. 3) [А–19]
8. Применение инженерии человеческих факторов при разработке компьютеризированных процедур	IEC 62646:2016 [А–34], IEEE 1786-2011 [А–15]
9. Интеграция инженерии человеческих факторов в процессы обеспечения безопасности	IEC 61772:2009 [А–7], IEC 62241:2004 [А–9], IEEE 1289-1998 [А–13], NUREG-0711 (Rev. 3) [А–19]
— Общие принципы, связанные с инженерией человеческих факторов применительно к системам контроля и управления	IEC 61513:2011 [А–16], IEEE 1023-2004 [А–11], IEEE 1082-2017 [А–12], IEEE 1289-1998 [А–13]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ К ПРИЛОЖЕНИЮ

- [A-1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: проектирование, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-2/1 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2016).
- [A-2] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Functional Design Criteria for a Safety Parameter Display System for Nuclear Power Stations, IEC 60960:1988, IEC, Geneva (1988).
- [A-3] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Control Rooms — Design, IEC 60964:2018 RLV, IEC, Geneva (2018).
- [A-4] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Control Rooms — Supplementary Control Room for Reactor Shutdown without Access to the Main Control Room, IEC 60965:2016, IEC, Geneva (2016).
- [A-5] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Control Rooms — Operator Controls, IEC 61227:2008, IEC, Geneva (2008).
- [A-6] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Main Control-room — Verification and Validation of Design, IEC 61771:1995, IEC, Geneva (1995).
- [A-7] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Control Rooms — Application of Visual Display Units (VDUs), IEC 61772:2009, IEC, Geneva (2009).
- [A-8] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Design of Control Rooms — Functional Analysis and Assignment, IEC 61839:2000, IEC, Geneva (2000).
- [A-9] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Main Control Room — Alarm Functions and Presentation, IEC 62241:2004, IEC, Geneva (2004).
- [A-10] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Guide for the Evaluation of Human-system Performance in Nuclear Power Generating Stations, IEEE 845-1999, IEEE, Piscataway, NJ (1999).
- [A-11] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Recommended Practice for the Application of Human Factors Engineering to Systems, Equipment, and Facilities of Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities, IEEE 1023-2004, IEEE, Piscataway, NJ (2004).
- [A-12] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Guide for Incorporating Human Reliability Analysis into Probabilistic Risk Assessments for Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities, IEEE 1082-2017, IEEE, Piscataway, NJ (2017).
- [A-13] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Guide for the Application of Human Factors Engineering in the Design of Computer-based Monitoring and Control Displays for Nuclear Power Generating Stations, IEEE 1289-1998, IEEE, Piscataway, NJ (1998).

- [A-14] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Recommended Practice for the Investigation of Events at Nuclear Facilities, IEEE 1707-2015, IEEE, Piscataway, NJ (2015).
- [A-15] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Guide for Human Factors Applications of Computerized Operating Procedure Systems (COPS) at Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities, IEEE 1786-2011, IEEE, Piscataway, NJ (2011).
- [A-16] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Instrumentation and Control Important to Safety — General Requirements for Systems, IEC 61513:2011, IEC, Geneva (2011).
- [A-17] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Standard for Developing a Software Project Life Cycle Process, IEEE 1074-2006, IEEE, Piscataway, NJ (2006).
- [A-18] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Systems and Software Engineering — System Life Cycle Processes, ISO/IEC/IEEE 15288:2015, ISO, Geneva (2015).
- [A-19] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Human Factors Engineering Program Review Model, Rep. NUREG-0711 (Rev. 3), NRC, Washington, DC (2012).
- [A-20] HUGO, J., Towards a Unified HFE Process for the Nuclear Industry, Rep. INL/CON-12-25117, Idaho National Laboratory, Idaho Falls, ID (2012).
- [A-21] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Ergonomic Design of Control Centres — Part 1: Principles for the Design of Control Centres, ISO 11064-1:2000, ISO, Geneva (2000).
- [A-22] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Ergonomic Design of Control Centres — Part 2: Principles for the Arrangement of Control Suites, ISO 11064-2:2000, ISO, Geneva (2000).
- [A-23] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Ergonomic Design of Control Centres — Part 3: Control Room Layout, ISO 11064-3:1999, ISO, Geneva (1999).
- [A-24] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Ergonomic Design of Control Centres — Part 4: Layout and Dimensions of Workstations, ISO 11064-4:2013, ISO, Geneva (2013).
- [A-25] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Ergonomic Design of Control Centres — Part 5: Displays and Controls, ISO 11064-5:2008, ISO, Geneva (2008).
- [A-26] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Ergonomic Design of Control Centres — Part 6: Environmental Requirements for Control Centres, ISO 11064-6:2005, ISO, Geneva (2005).
- [A-27] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Ergonomic Design of Control Centres — Part 7: Principles for the Evaluation of Control Centres, ISO 11064-7:2006, ISO, Geneva (2006).

- [A-28] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Human Factors Engineering (HFE) Insights for Advanced Reactors Based Upon Operating Experience, Rep. NUREG/CR-6400, NRC, Washington, DC (1997).
- [A-29] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Recommended Practice for Installation, Termination, and Testing of Insulated Power Cable as Used in Industrial and Commercial Applications, IEEE 576-2000, IEEE, Piscataway, NJ (2000).
- [A-30] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Human-system Interface Design Review Guidelines, Rep. NUREG-0700 (Rev. 2), NRC, Washington, DC (2002).
- [A-31] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Human Factors Guidance for Control Room Design and Digital Human–system Interface Design and Modification, EPRI, Palo Alto, CA (2015).
- [A-32] INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, IEEE Standard Criteria for Accident Monitoring Instrumentation for Nuclear Power Generating Stations, IEEE 497-2016, IEEE, Piscataway, NJ (2016).
- [A-33] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Functional Criteria for Emergency Response Facilities, Rep. NUREG-0696, NRC, Washington, DC (1981).
- [A-34] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Nuclear Power Plants — Control Rooms — Computer-based Procedures, IEC 62646:2016, IEC, Geneva (2016).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Приведенные ниже определения относятся исключительно к данной публикации и либо отсутствуют в «Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности: терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты» (издание 2018 года), либо отличаются от тех, которые в нем приведены.

Символ «» обозначает определение, которое отличается от определения, приведенного в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности.*

важная задача человека. Задача человека, выполнение которой может оказать негативное или позитивное влияние на безопасность, как это определено в анализе безопасности.

валидация*. Подтверждение, путем изучения и при помощи объективных доказательств, того, что система человеко-машинного интерфейса в целом, включая пользователя, может успешно выполнять заданные функции, достигать своих целей и решать свои задачи в том диапазоне сред, в которых, как предполагается, ей придется функционировать.

верификация*. Подтверждение, путем изучения и при помощи объективных доказательств, того, что система человеко-машинного интерфейса в целом соответствует проектным спецификациям и требованиям и обеспечивает поддержку, необходимую для планомерного выполнения задач.

владение ситуацией. Динамический процесс восприятия и осмысления фактического состояния станции с целью сохранения у отдельных лиц и коллективов способности прогнозировать будущее состояние систем. Это способ формирования мысленной модели ситуации и планируемых на будущее действий. Степень владения ситуацией характеризуется разницей между пониманием условий на станции и реальными условиями в любой конкретный момент времени. Одной из задач инженерии человеческих факторов является повышение степени владения ситуацией у эксплуатационного персонала.

концепция операций*. Концепция операций описывает предлагаемый проект с точки зрения того, как будет вестись эксплуатационная деятельность, чтобы он мог выполнять свои функции, что включает

в себя различные роли персонала и то, как они будут организованы, управляться и поддерживаться. Концепция операций описывает порядок эксплуатации станции («философию эксплуатации») и включает такие аспекты, как численность и состав эксплуатационного персонала, а также то, как он будет управлять работой станции в нормальных и аномальных условиях.

обработка ошибок. Основываясь на теориях восприятия, когнитивных искажениях и антропометрии, она определяет вероятность ошибок, допускаемых человеком в системном и технологическом интерфейсе. Инженерия человеческих факторов прогнозирует ошибки, а затем выстраивает проект таким образом, чтобы не допустить влияния этих ошибок или их последствий на безопасную эксплуатацию станции.

система компьютеризированных процедур. Система, которая представляет станционные регламенты в компьютерном виде, а не на бумажном носителе.

управление моторикой человека. Управление моторикой человека — это физиологическая способность мышечной системы человека управлять движениями, включая силовые и мелкие движения.

человеко-машинный интерфейс. Человеко-машинный интерфейс — это часть системы, посредством которой персонал взаимодействует с системой для выполнения своих функций и задач. Человеко-машинный интерфейс представляет собой интерфейс между персоналом и станционными системами, включая регламенты, дисплеи систем связи, системы сигнализации и органы управления.

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Duchac, A.	Международное агентство по атомной энергии
Gertman, D.	Айдахская национальная лаборатория, Соединенные Штаты Америки
Hata, T.	Управление по ядерному регулированию, Япония
Humbel, C.	Швейцарская федеральная инспекция по ядерной безопасности, Швейцария
Illobre, F.	«Текнатом», Испания
Ito, K.	«Ньюклар системз энд солюшн энжиниринг МХИ», Япония
Johansson, Y.	Шведское управление по радиационной безопасности, Швеция
Laarni, J.	Технический исследовательский центр, Финляндия
Ngo, C.	«Кандеско», Канада
Obenius Mowitz, A.	Шведское управление по радиационной безопасности, Швеция
O'Hara, J.	Брукхейвенская национальная лаборатория, Соединенные Штаты Америки
Rycraft, H.	Международное агентство по атомной энергии
Screeton, R.	Управление по ядерному регулированию, Соединенное Королевство
Selmer, S.	Шведское управление по радиационной безопасности, Швеция
Tasset, D.	Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, Франция
Yllera, J.	Международное агентство по атомной энергии



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

№ 26

ЗАКАЗ В СТРАНАХ

Платные публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах.

Заказы на бесплатные публикации следует направлять непосредственно в МАГАТЭ. Контактная информация приводится в конце настоящего перечня.

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, USA

Тел.: +1 800 462 6420 • Факс: +1 800 338 4550

Эл.почта: orders@rowman.com • Сайт: <http://www.rowman.com/bernan>

ОСТАЛЬНЫЕ СТРАНЫ

Просьба связаться с местным поставщиком по вашему выбору или с вашим основным дистрибьютером:

Eurospan Group

Gray's Inn House
127 Clerkenwell Road
London EC1R 5DB
United Kingdom

Торговые заказы и справочная информация:

Тел: +44 (0) 1767604972 • Факс: +44 (0) 1767601640

Эл.почта: eurospan@turpin-distribution.com

Индивидуальные заказы:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Дополнительная информация:

Тел: +44 (0) 2072400856 • Факс: +44 (0) 2073790609

Эл.почта: info@eurospangroup.com • Сайт: www.eurospangroup.com

Заказы на платные и бесплатные публикации можно направлять напрямую по адресу:

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)

Международное агентство по атомной энергии

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Телефон: +43 1 2600 22529 или 22530 • Факс: +43 1 26007 22529

Эл.почта: sales.publications@iaea.org • Сайт: <https://www.iaea.org/ru/publikacii>

Обеспечение безопасности с помощью международных норм

**МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА**