

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ ПО ОБОСНОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

### ГЛАВА 18. УЧЕТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

#### Содержание

Список сокращений .....	3
18.1 Общие положения .....	5
18.2 Управление программой инженерии человеческих факторов (HFE) .....	11
18.2.1 Общие цели программы HFE .....	11
18.2.2 Основные задачи на этапе проектирования и строительства АЭС ..	12
18.2.3 Основные задачи на этапе пусконаладочных работ и эксплуатации .....	14
18.2.4 Основные задачи на этапе вывода АЭС из эксплуатации .....	16
18.2.5 Основные задачи в ходе модернизации систем и оборудования АЭС .....	17
18.2.6 Организационное обеспечение программы HFE .....	18
18.2.7 Процессная модель программы HFE .....	19
18.2.8 Система отслеживания проблемных вопросов в области HFE .....	21
18.3 Анализ опыта эксплуатации .....	22
18.4 Анализ функциональных требований и распределения функций .....	27
18.5 Анализ рабочих заданий .....	35
18.6 Анализ нормативной численности и квалификации персонала .....	43
18.7 Анализ важных действий человека .....	46
18.8 Проектирование интерфейсов "Человек-Система" (HSIs) .....	51
18.8.1 Общие положения по разработке интерфейсов "Человек- Система" .....	51
18.8.2 Блочный пункт управления .....	57
18.8.3 Центр технической поддержки .....	60
18.8.4 Пункт управления противоаварийными действиями .....	62
18.8.5 Ухудшение/частичная работоспособность АСУ ТП и HSIs .....	63
18.8.6 Испытания и оценки интерфейсов "Человек-Система" .....	64
18.9 Разработка процедур .....	66
18.10 Разработка программ обучения .....	70
18.11 Верификация и валидация HFE аспектов проекта .....	76
18.11.1 Общие вопросы анализа проектных решений .....	76

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	1
---	--	---

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

18.11.2	Основные стадии программы верификации и валидации .....	78
18.11.2.1	Выборка условий выполнения работ .....	81
18.11.2.2	Верификации проекта.....	89
18.11.2.3	Валидация интегрированной системы.....	95
18.11.2.4	Устранение несоответствий в области НФЕ.....	109
18.12	Внедрение проекта .....	113
18.12.1	Проектные решения по модернизации АЭС .....	113
18.12.1.1	Заключительная верификация НФЕ аспектов проекта ...	116
18.12.1.2	Рассмотрение НФЕ аспектов модернизации пунктов управления .....	116
18.12.2	Отбор и оценка руководителей и специалистов АЭС.....	120
18.12.3	Требования к подбору персонала АЭС.....	122
18.12.4	Программа набора, комплектования и подготовки персонала .....	125
18.12.5	Программа медицинских осмотров.....	126
18.12.6	Программа психофизиологических осмотров .....	127
18.12.7	Программа опережающей подготовки персонала .....	128
18.12.8	Программы подготовки по вопросам управления.....	130
18.12.9	Обучение персонала .....	132
18.12.9.1	Программы подготовки персонала.....	132
18.12.9.2	Теоретические и практические курсы подготовки.....	133
18.12.10	Организация эксплуатации .....	135
18.12.11	Основные принципы работы персонала .....	143
18.12.12	Улучшение работы персонала на основе опыта эксплуатации...	147
18.12.13	Развитие культуры безопасности .....	149
18.12.14	Основные технические мероприятия по минимизации влияния ЧФ.....	154
18.13	Мониторинг показателей деятельности человека .....	157
18.13.1	Основные цели и задачи .....	157
18.13.2	Оценка деятельности руководителей и специалистов .....	159
18.13.3	Систематический подход к анализу и оценке деятельности .....	161
18.13.4	Надзорная деятельность .....	163
18.14	Перечень нормативно-справочной документации .....	165

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	2
---	--	---

### Список сокращений

Автоматизированная система управления технологическим процессом	– АСУ ТП
Анализ надежности человека	– HRA (Human Reliability Analysis)
Автоматизированное рабочее место	– АРМ
Атомная электростанция	– АЭС
Блочный пункт управления	– БПУ
Верификация и валидация	– V&V (Verification and Validation)
Вероятностная оценка риска	– PRA (Probabilistic Risk Assessment)
Водо-водяной энергетический реактор	– ВВЭР
Инженерия человеческих факторов	– HFE (Human Factors Engineering)
Интерфейс "Человек-Система"	– HSI (Human System Interface)
Краткий отчет по результатам	– RSR (Results Summary Report)
Критическая функция безопасности	– КФБ
Местный пост управления	– МПУ
Общие технические требования	– ОТТ
Опыт эксплуатации	– ОЭ
Окончательный отчет по обоснованию безопасности	– FSAR (Final Safety Analysis Report)
Полномасштабный тренажер	– ПМТ
Пункт управления противоаварийными действиями	– ПУПД

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Пусконаладочные работы	– ПНР
Резервный пункт управления	– РПУ
Система представления параметров безопасности	– СППБ
Средства отображения информации	– СОИ
Система управления и защиты	– СУЗ
Учебно-тренировочный центр	– УТЦ
Центральный пункт управления	– ЦПУ
Центр технической поддержки	– ЦТП
Человеческий фактор	– ЧФ
Эксплуатирующая организация	– ЭО

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	4
---	--	---

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

## 18.1 Общие положения

Одним из важных выводов по результатам расследований аварий, имевших место на атомных электростанциях (АЭС), эксперты считают тот факт, что ошибки, возникающие в результате недостаточного учета человеческого фактора (ЧФ), например, при проектировании блочного пункта управления (БПУ), при разработке процедур и программ обучения, являются существенным фактором, способствующим инцидентам и авариям на АЭС.

ЧФ оказывает влияние практически на все аспекты, касающиеся проектирования и эксплуатации АЭС, начиная от разработки проекта АЭС и заканчивая аспектами вывода АЭС из эксплуатации. Поэтому аспектами, на которые оказывает влияние ЧФ, можно считать все аспекты, касающиеся жизненного цикла АЭС.

Эксплуатирующая организация (ЭО) организует и проводит комплекс мероприятий, направленных на снижение зависимости безопасной и стабильной эксплуатации АЭС от ошибочных действий и решений эксплуатационного персонала при выполнении им своих обязанностей по эксплуатации систем и оборудования АЭС.

Для обеспечения безопасности АЭС и компенсации потенциальных ошибок человека ЭО реализует концепцию глубокоэшелонированной защиты, опирающейся на несколько уровней защиты и включающая последовательность барьеров на пути выхода радиоактивных материалов в окружающую среду, а также применение разнообразных программ, связанных с деятельностью человека и направленных на обеспечение целостности этих барьеров. Эти программы включают в себя обеспечение качества, административный контроль и учет человеческого фактора. Разработка и реализация программы инженерии человеческих факторов (HFE<sup>1</sup>) играет важную роль в обеспечении безопасности АЭС и глубокоэшелонированной защиты, поскольку ЧФ оказывает существенное влияние практически на все аспекты проектирования и эксплуатации АЭС, начиная от разработки проекта АЭС и заканчивая выводом АЭС из эксплуатации.

<sup>1</sup> Human Factors Engineering - Инженерная дисциплина, учитывающая факторы, которые могут влиять на эффективность действий человека (МАГАТЭ, 2008).

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	5
---	--	---

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Основными задачами программы HFE являются:

- минимизация влияния ЧФ на безопасность и надежность эксплуатации АЭС;
- анализ влияния ЧФ на безопасность на всех этапах жизненного цикла АЭС и выработка мер по снижению его отрицательного влияния на безопасность и надежность эксплуатации АЭС.

Разработанная и внедренная ЭО программа HFE отвечает следующим основным принципам:

- Программа разработана группой специалистов, квалифицированных в вопросах HFE, и с использованием приемлемого плана действий по программе HFE;
- Программа разработана на основе соответствующих исследований и анализов по HFE, которые предоставили точные и полные входные данные для критериев оценки в отношении процесса разработки, а также для процесса верификации и валидации (V&V);
- Программа разработана с использованием технологии, включающей принятые стандарты и рекомендации в области HFE;
- Программа прошла оценку с помощью тщательной программы испытаний на основе V&V;
- Программа внедрена таким образом, что эффективно поддерживает эксплуатацию АЭС;
- Программа контролируется в процессе эксплуатации АЭС для выявления изменений в показателях надежности, безопасности и эффективности деятельности человека.

Программа HFE ЭО интегрирована в процессы разработки, проектирования и оценки надежности и безопасности АЭС. Продукты, разработанные с привлечением программы HFE, например, интерфейсы "Человек-Система" (HSIs), эксплуатационные и аварийные процедуры, программы обучения персонала, способствуют безопасному, эффективному и надежному выполнению задач эксплуатации, технического обслуживания, испытаний, инспекций и надзора за оборудованием. Программа HFE ЭО и ее продукты отражают самые современные методические рекомендации и указания

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	6
---	--	---

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

в области инженерии человеческих факторов и удовлетворяют действующим нормативным требованиям. Современные методические рекомендации и указания в области инженерии человеческих факторов это рекомендации и указания, которые в настоящее время приняты специалистами в области HFE и задокументированы в стандартах или руководящих документах по HFE, или обоснованы научными исследованиями и/или промышленными практиками.

Структура программы HFE включает в себя 12 элементов или видов деятельности, которые вовлечены в четыре основных стадии проектирования, как представлено в таблице 18.1.1.

I. Планирование и анализ	II. Разработка и проектирование	III. Верификация и валидация	IV. Внедрение и реализация
Управление программой HFE	Проектирование интерфейсов "Человек-Система"	Верификация и валидация аспектов HFE	Внедрение проекта
Анализ опыта эксплуатации	Разработка процедур		Мониторинг деятельности человека
Анализ функциональных требований и распределения функций	Разработка программ обучения		
Анализ рабочих заданий			
Анализ нормативной численности и квалификации персонала			
Анализ важных действий человека			

Таблица 18.1.1 – Компоненты программы инженерии человеческих факторов.

*Управление программой HFE* опирается на группу разработчиков ЭО в области HFE, наделенной ответственностью, полномочиями, представленной в виде организационной структуры и нацеленной на обеспечение соответствия всех аспектов проектирования и эксплуатации АЭС обязательствам в области

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	7
---	--	---

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

HFE. Группа руководствуется планом, гарантирующим, что программа HFE должным образом разработана, надлежащим образом выполняется, контролируется и документируется. План программы описывает элементы HFE, гарантирующие, что рекомендации и указания в области HFE применяются при анализе, разработке и оценке HSIs, процедур и программ обучения.

*Анализ опыта эксплуатации* служит выявлению проблем безопасности, связанных с HFE. Рассмотрение опыта эксплуатации предоставляет ЭО информацию о недостатках и проблемах в работе действующих аналогичных АЭС. Проблемы и уроки, извлеченные ЭО из опыта эксплуатации, обеспечивают ей основу для улучшения всех аспектов проектирования и эксплуатации АЭС.

*Анализ функциональных требований и распределения функций* определяет функции АЭС ЭО, которые должны выполняться для достижения общих целей и задач в области безопасности и эксплуатации АЭС, а также устанавливает распределение ответственностей за эти функции между персоналом и автоматикой таким образом, чтобы использовать преимущества сильных сторон человека и избегать человеческих ограничений. Распределение функций служит повышению безопасности и надежности АЭС ЭО и основывается на функциональных требованиях, рекомендациях и указаниях в области HFE в рамках структурированной, хорошо документированной методологии, которая четко определяет должностные обязанности персонала.

*Анализ рабочих заданий* служит определению конкретных заданий и действий, необходимых для выполнения функций, возложенных на персонал ЭО, а также сигнализации, средств отображения информации (СОИ), элементов управления и вспомогательных средств, необходимых для достижения целей заданий. Результаты анализа заданий предоставляют ЭО важную информацию для элементов Программы HFE: входные данные для анализа нормативной численности и квалификации персонала, а также разработки HSIs, процедур и программ обучения; критерии для верификации средств поддержки персонала при выполнении заданий.

*Анализ нормативной численности и квалификации персонала* является важными факторами всех аспектов проектирования и эксплуатации АЭС ЭО. Уровни комплектования персоналом установлены на основе анализа функциональных требований и распределения функций между персоналом и системами автоматике, анализа рабочих заданий персонала для выполнения

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	8
---	--	---



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

возложенных на них функций, а также опыта работы предыдущих АЭС ЭО и требований надзорного органа.

*Анализ важных действий человека* служит определению действий человека, которые наиболее важны для безопасности и эксплуатации АЭС ЭО, а также пониманию механизмов ошибок человека при их выполнении с целью применения рекомендаций и указаний в области HFE на всех стадиях проектирования и эксплуатации АЭС. Это позволяет ЭО установить приоритеты и направить свои усилия и ресурсы именно на те виды деятельности и действия, которые наиболее эффективно обеспечивают достижение общих целей и решение задач в области безопасности и эксплуатации АЭС. Основная цель анализа важных действий для ЭО состоит в минимизировании вероятности ошибки человека и в создании условий, гарантирующих, что персонал может своевременно обнаруживать и устранять любые ошибки, которые возникают в процессе их деятельности.

*Проектирование интерфейсов "Человек-Система" (HSIs)* служит переводу функциональных требований и требований к выполнению заданий в требования HFE для проектирования HSIs, а также в требования к детальному проектированию сигнализации, СОИ, элементов управления и других аспектов HSIs. ЭО используется структурированная методология для проектирования, испытаний и оценок HSIs на основе рекомендаций и указаний HFE для этой области.

*Разработка процедур* имеет важное значение для безопасности и эксплуатации АЭС ЭО, поскольку они поддерживают и направляют взаимодействие персонала с системами станции, а также обеспечивают реагирование персонала на события, связанные с работой систем и оборудования АЭС. Программа разработки процедур ЭО включает рекомендации, указания и критерии HFE, которые определяют требования к их форме и содержанию, обеспечивая разработку процедур, которые являются технически точными, всеобъемлющими, простыми и валидными в использовании.

*Разработка программ обучения* имеет важное значение для обеспечения безопасной и надежной работы АЭС ЭО. Программы обучения ЭО помогают обеспечить разумную гарантию в том, что персонал АЭС обладает знаниями, навыками и способностями, необходимыми для выполнения своих должностных обязанностей. Для разработки программ обучения ЭО использует системный

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	9
---	--	---

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

подход на основе анализа функциональных требований и распределения функций между персоналом и системами автоматики, а также на основе анализа рабочих заданий персонала и выполнения возложенных на него функций.

*Верификация и валидация (V&V) аспектов HFE* служит определению соответствия продуктов HFE (например, HSI, процедур, программ обучения) принятым рекомендациям и указаниям HFE в области разработки и проектирования, позволяя персоналу успешно и безопасно выполнять свои рабочие задания для достижения общих целей безопасности и эксплуатации АЭС ЭО. ЭО использует верификацию и валидацию:

- при верификации средств поддержки выполнения задач HSI, чтобы убедиться, что интерфейс предоставляет персоналу технологическую и аварийную сигнализацию, информацию (СОИ), элементы управления и обеспечивает поддержку, согласно анализу рабочих заданий, необходимую для выполнения им своих функций в соответствии с рекомендациями и указаниями в области HFE;

- при верификации процедур или программ обучения, чтобы проверить, что они соответствуют рекомендациям и указаниям в области HFE;

- при валидации интегрированной системы, чтобы подтвердить, используя испытания в реальных или близких к реальным условиям, что проект интегрированной системы (т.е., аппаратное и программное обеспечение, процедуры и обученный персонал) поддерживает безопасную и надежную эксплуатацию АЭС.

*Внедрение проекта* рассматривает вопросы отслеживания внедрения проекта на основе четко определенных и тщательно контролируемых процедур пуска и испытаний, обеспечивая его соответствие верифицированному и валидированному проекту ЭО, разработанного на основе рекомендаций и указаний HFE в области проектирования.

*Мониторинг деятельности человека* обеспечивает постоянный контроль ЭО показателей деятельности человека для проверки достоверности выводов по валидации интегрированных систем в ходе эксплуатации и отсутствия существенного снижения безопасности АЭС вследствие каких-либо изменений, внесенных в системы, оборудование, процедуры или программы обучения персонала АЭС ЭО.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	10
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

## 18.2 Управление программой инженерии человеческих факторов (HFE)

ЭО создает группы квалифицированных специалистов по HFE, на которые возложена ответственность и которым предоставлены полномочия для обеспечения соответствия обязательствам ЭО в области HFE на всех стадиях проектирования и эксплуатации АЭС с учетом требований нормативных документов государства.

ЭО разрабатывается план мероприятий по программе HFE, который обеспечивает надлежащий уровень организации, реализации, контроля и документирования программы HFE.

План по программе HFE описывает элементы (виды деятельности) HFE, обеспечивая, что рекомендации и указания HFE применяются к анализу, проектированию и оценке HSI, процедур и программ обучения. Программа HFE также обеспечивает, чтобы изменения, модернизации проекта, оборудования, процедур и программ обучения не ставили под угрозу надежность и безопасность деятельности человека.

ЭО разрабатывает план внедрения Управления программой HFE с полным описанием структуры программы HFE, которая устанавливает элементы (виды деятельности) HFE. В плане излагаются цели и задачи ЭО в области HFE, а также виды деятельности для достижения этих целей, описывается система отслеживания проблемных вопросов в области HFE, квалификация специалистов группы по HFE, и организационная структура, обеспечивающая реализацию элементов HFE.

### 18.2.1 Общие цели программы HFE

ЭО определяет следующие общие цели программы HFE:

- подбор и расстановка эксплуатационного персонала учитывают сроки сооружения и эксплуатации АЭС, а также ротацию кадров;
- персонал способен выполнять свои рабочие задания в допустимый интервал времени, с установленными показателями деятельности (надежность, безопасность, качество);

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	11
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- HSIs, процедуры, численность и квалификация персонала, программы обучения, а также управленческие и организационные мероприятия поддерживают ситуационную осведомленность персонала (понимание и контроль ситуации персоналом);

- разрабатываемые проекты (HSIs, регламенты, процедуры эксплуатации, обучение и лицензирование, организация рабочих мест эксплуатационного персонала) содействуют поддержанию бдительности персонала в отношении работ, выполняемых на станции, и обеспечивают приемлемые уровни рабочей нагрузки, минимизируя периоды недостаточной загруженности и перегрузки;

- HSIs, процедуры, программы обучения минимизируют ошибки персонала и поддерживают своевременное обнаружение ошибок, а также возможность восстановления после них.

Действуя на всех стадиях жизненного цикла АЭС, программа HFE ЭО решает следующие основные задачи на этапах проектирования и строительства, пусконаладочных работ и эксплуатации, а также вывода АЭС из эксплуатации.

### 18.2.2 Основные задачи на этапе проектирования и строительства АЭС

Программа HFE ЭО охватывает блочный пункт управления (БПУ), резервный пункт управления (РПУ), местные посты управления (МПУ), центральный пункт управления (ЦПУ), пункт управления противоаварийными действиями (ПУПД). К ним применяются 12 элементов HFE на стадиях анализа, проектирования, оценки и внедрения. Элементы HFE могут быть применены к другим объектам, после обоснования в плане программы HFE.

Программа HFE ЭО включает в себя вопросы разработки HSIs, а также определяет исходные данные, на основе анализа функциональных требований, распределения функций и анализа рабочих заданий, для разработки процедур и программ обучения по всем эксплуатационным работам, действиям в аварийных ситуациях, задачам технического обслуживания, испытаниям, инспекциям, а также по надзорным функциям. Программа HFE определяет исходные данные для программ обучения на основе требований численности и квалификации персонала, которые разрабатываются для персонала управления, оперативного персонала, персонала, обеспечивающего нормальную эксплуатацию

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	12
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

оборудования, систем и сооружений АЭС, а также для ремонтного персонала. Кроме того, в программу HFE включается любой другой персонал, который выполняет рабочие задания, непосредственно связанные с безопасностью станции, например, специалисты по информационным технологиям, которые занимаются диагностикой и обслуживанием систем поддержки и HSI's персонала.

На этапе проектирования и строительства АЭС ЭО своими силами и/или силами привлекаемых организаций, имеющих лицензии на данный вид деятельности, организует:

- анализ проекта с точки зрения влияния ЧФ на безопасную и надежную эксплуатацию АЭС и по результатам анализа проекта принимает решение о необходимости и достаточности мер по управлению ЧФ, заложенных в проекте АЭС;
- подбор и обучение эксплуатационного персонала в соответствии с государственными и мировыми стандартами и нормативными документами в области атомной энергетики;
- создание в структуре АЭС учебно-тренировочного центра (УТЦ АЭС) и укомплектование его инструкторским и обслуживающим персоналом, прошедшим специальную подготовку для проведения обучения эксплуатационного персонала;
- ввод в эксплуатацию полномасштабного тренажера (ПМТ) АЭС и разработку учебных материалов для ПМТ;
- разработку и организацию выпуска необходимой эксплуатационной документации, которая направлена, в том числе и на минимизацию влияния ЧФ на безопасность и надежность эксплуатации АЭС;
- прохождение обучения и подготовку эксплуатационного персонала АЭС на ПМТ;
- проведение лицензирования эксплуатационного персонала АЭС в соответствии с требованиями государственных и мировых стандартов и нормативных документов;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	13
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- прохождение дублирования и допуска к самостоятельной работе эксплуатационного персонала АЭС в соответствии с требованиями государственных и мировых стандартов и нормативных документов;

- работу службы инспекции по безопасности, в задачу которой входит контроль выполнения эксплуатационным персоналом АЭС мер безопасности при эксплуатации АЭС, а также анализ безопасности эксплуатации АЭС, в том числе учет влияния ЧФ на безопасность и надежность эксплуатации АЭС и выработка рекомендаций для руководства АЭС и эксплуатирующей организации по повышению уровня безопасности эксплуатации АЭС, в том числе и мероприятий по управлению ЧФ.

### 18.2.3 Основные задачи на этапе пусконаладочных работ и эксплуатации

На этапе пусконаладочных работ (ПНР) и эксплуатации АЭС ЭО своими силами и/или силами привлекаемых организаций, имеющих лицензии на данный вид деятельности, организует:

- проведение ПНР и испытаний энергоблока АЭС и ввод его в эксплуатацию с учетом требования минимизации влияния ЧФ на безопасность и надежность эксплуатации АЭС;

- своевременное внесение изменений и дополнений в эксплуатационную документацию с учетом опыта эксплуатации АЭС;

- разработку и выполнение дополнительных (не предусмотренных в проекте АЭС) мероприятий по недопущению ошибочных (несанкционированных) действий эксплуатационного персонала по эксплуатации оборудования и систем АЭС;

- текущее обучение и подготовку персонала АЭС с учетом его ротации и расширения АЭС;

- периодическое прохождение эксплуатационным персоналом АЭС медицинского освидетельствования, включая психофизиологические тестирование;

- непрерывный мониторинг, анализ и разработку мер по снижению влияния ЧФ на безопасность и надежность эксплуатации АЭС;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	14
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- своевременную корректировку документации, направленную на управление ЧФ с учетом опыта эксплуатации АЭС;
- проведение ремонтных работ на системах и оборудовании АЭС в точном соответствии с правилами и нормами в этом аспекте деятельности эксплуатирующей организации;
- обучение в УТЦ АЭС ремонтного персонала привлекаемых организаций (при необходимости);
- проведение инспекторских проверок во время проведения ремонтных работ на системах и оборудовании АЭС, силами отдела надзора АЭС;
- прием в эксплуатацию из ремонта оборудования и систем АЭС силами эксплуатационного персонала;
- мониторинг и анализ безопасности, полноты и качества ремонтных работ на системах и оборудовании АЭС;
- проведение работ по модернизации систем и оборудования АЭС, направленных, в том числе, и на управление человеческим фактором.

На этапе пусконаладочных работ и при эксплуатации АЭС эксплуатирующая организация также организует регулярные инспекторские проверки силами отдела надзора АЭС, в задачи которых входит:

- контроль за соблюдением эксплуатационным персоналом АЭС требований и мероприятий по безопасной эксплуатации систем и оборудования АЭС, изложенных в нормативных документах в этой области, регламентах и процедурах и инструкциях по эксплуатации систем и оборудования АЭС;
- контроль за организацией работ по эксплуатации систем и оборудования АЭС на каждом конкретном рабочем месте эксплуатационного персонала АЭС;
- контроль за организацией взаимодействия персонала смены АЭС;
- контроль за организацией рабочих мест эксплуатационного персонала АЭС с точки зрения удобства и безопасности выполнения персоналом своих функций по управлению системами и оборудованием АЭС;
- контроль за полнотой и адекватностью наполнения рабочих мест эксплуатационного персонала АЭС необходимой эксплуатационной и иной

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	15
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

необходимой документацией, а также своевременного ознакомления персонала с имеющейся на рабочих местах документацией и с изменениями и дополнениями, вносимыми в эту документацию;

- анализ замечаний выявленных при проведении инспекторских проверок, а также замечаний эксплуатационного персонала по организации безопасной эксплуатации АЭС;

- информирование руководства АЭС о результатах проведенных инспекций для принятия мер, направленных на исправление выявленных недостатков.

- разработка и внесение руководству АЭС и эксплуатирующей организации мероприятий и предложений по повышению уровня безопасной эксплуатации АЭС.

#### 18.2.4 Основные задачи на этапе вывода АЭС из эксплуатации

На этапе вывода из эксплуатации АЭС ЭО своими силами и/или силами привлекаемых организаций, имеющих лицензии на данный вид деятельности:

- разрабатывает планы и графики вывода АЭС из эксплуатации, в том числе и с учетом влияния ЧФ, на проведение данных работ и мероприятия по управлению ЧФ;

- проводит подготовку эксплуатационного персонала АЭС к проведению данного этапа жизненного цикла АЭС, включая проведение необходимого обучения;

- разрабатывает необходимую организационную и эксплуатационную документацию для проведения работ по выводу АЭС из эксплуатации, включающую в себя вопросы управления ЧФ;

- разрабатывает технологии вывода АЭС из эксплуатации, в том числе и с учетом влияния ЧФ на проведение данных работ;

- проводит анализ необходимости и достаточности организационных и технических мер по безопасному выводу АЭС из эксплуатации; по результатам анализа проводит корректировку планов, графиков и технологий проведения работ;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	16
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- разрабатывает организационные и технические мероприятия, направленные на минимизацию влияния ЧФ на безопасность и надежность работ по выводу АЭС из эксплуатации.

### 18.2.5 Основные задачи в ходе модернизации систем и оборудования АЭС

Программа HFE ЭО рассматривает и учитывает все потенциальные влияния изменений и модернизаций систем и оборудования АЭС на безопасность и надежность деятельности персонала. Переход от существующей конфигурации оборудования к модернизированной может предъявлять повышенные требования к деятельности человека. Поэтому изменения и модернизации следует проектировать и внедрять таким образом, чтобы минимизировать влияние на показатели деятельности персонала.

Программа HFE ЭО для изменений и модернизаций учитывает:

- планирование внедрений с целью минимизации ухудшений в работе человека и АЭС;
- координацию соответствующих изменений в программах обучения персонала и процедурах с внедрением и реализацией изменений и модернизаций систем и оборудования АЭС;
- проведение тренировочных занятий на модернизированном оборудовании для актуализации необходимых знаний и навыков перед его внедрением.

Программа HFE ЭО при рассмотрении изменения или модернизации задействует персонал АЭС, чтобы учесть точку зрения пользователей при определении требований к изменению или модернизации, а также к оценке результатов проектирования:

- понимание пользователями изменений и модернизаций в оборудовании, системах и организации АЭС;
- требования и ограничения, которые накладывают существующие условия на рабочие места, методы и практики выполнения рабочих заданий персоналом.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	17
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

При проведении модернизации систем и оборудования АЭС программа HFE ЭО обеспечивает, что изменения в пунктах управления или в важных действиях человека не поставят под угрозу глубокоэшелонированную защиту (например, изменения в действиях человека не приведут к росту вероятности ошибок по общей причине), и барьеры от ошибок человека будут правильно определены (например, параллельный контроль или независимые проверки для выполнения важных в отношении безопасности и эксплуатации действий человека).

### 18.2.6 Организационное обеспечение программы HFE

Ответственность за управление программой HFE возлагается на специально созданную ЭО группу. Группа HFE, ее состав и квалификация специалистов, может изменяться в зависимости от стадии жизненного цикла АЭС: проектирование, эксплуатация, вывод из эксплуатации.

Группа HFE несет ответственность за:

- разработку всех планов и процедур программы HFE;
- контроль и пересмотр всех видов деятельности программы HFE, а также за рассмотрение выполненных анализов, проектирований, оценок и внедрений, с последующей разработкой рекомендаций и решений по выявленным проблемным вопросам при реализации программы HFE;
- проверку выполнения рекомендаций, представленных группой HFE;
- обеспечение всех работ в области HFE соответствующими планами и процедурами программы HFE;
- планирование работ в области HFE и контрольных сроков выполнения.

ЭО определяет место группы HFE в общей структуре организации на стадии проектирования, эксплуатации и вывода АЭС из эксплуатации. Положение по группе HFE определяет ее организационные и функциональные взаимоотношения с другими подразделениями организации, отношения отчетности и каналы коммуникации.

Группа HFE обладает полномочиями и организационным статусом, которые обеспечивают выполнение группой своих обязанностей. Группа имеет полномочия контролировать все стадии разработки и использования продуктов

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	18
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

HFE, выявляя и устраняя проблемные вопросы, связанные с их недостатками или несоответствиями рекомендациям и указаниям в области HFE.

Состав группы HFE включает в себя специалистов, чья квалификация и профессиональный опыт (в анализе, разработке, оценке и внедрении проектов) для каждого вида деятельности программы HFE напрямую связан с теми подходами и методами, которые являются частью процесса проектирования и внедрения продуктов HFE. ЭО определяет штатное расписание группы и должностные обязанности каждого участника группы HFE.

### 18.2.7 Процессная модель программы HFE

ЭО определяет программу HFE в виде процесса, с помощью которого группа HFE выполняет свои обязанности и достигает намеченные цели (см. рисунок 18.2.7.1). Основой процесса являются 12 элементов или видов деятельности. Кроме этого процесс описывает процедуру назначения конкретных проектов или работ отдельным членам группы, регулирование внутреннего управления группой, принятие решений по управлению программой HFE, принятие решений по HFE аспектам проектов, вносимых изменений и модернизаций в оборудование, процедур, программ обучения, а также анализ продуктов HFE.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	19
---	--	----

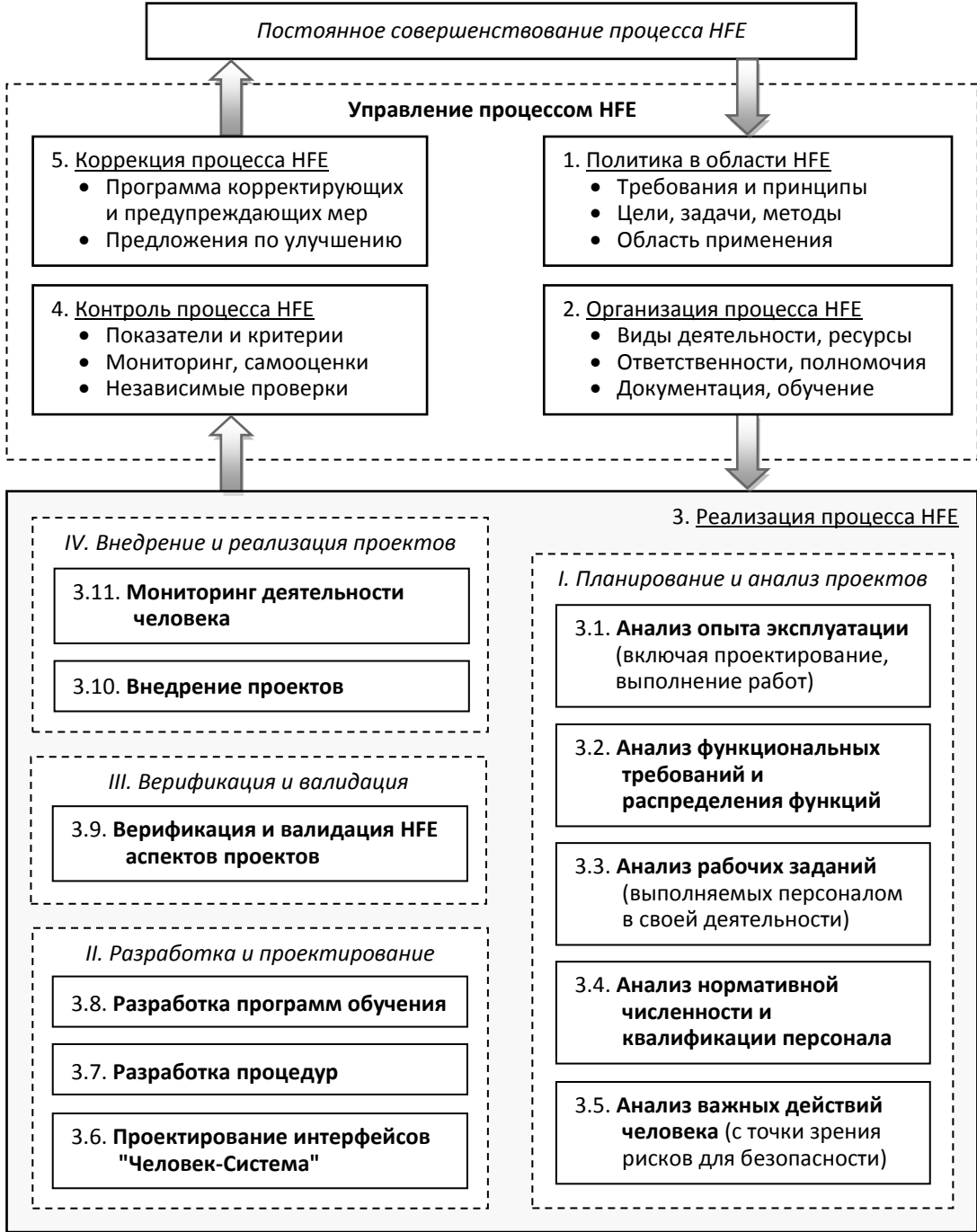


Рисунок 18.2.7.1 – Процесс инженерии человеческих факторов (HFE)

ЭО определяет средства, оборудование, инструменты и методы HFE (например, лаборатории, тренажеры, программное обеспечение для быстрого создания прототипов, методы верификации), которые группа HFE использует для выполнения своих обязанностей.

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО определяет взаимодействие программы HFE с процессом учета опыта эксплуатации, с процессом управления изменениями, с процессом управления кадрами, с программой разработки и пересмотра процедур, с программой подготовки персонала.

ЭО определяет контрольные сроки по планам программы HFE, которые отражают взаимосвязь элементов программы HFE с графиком комплексного проектирования объектов. Контрольные сроки могут включать, например, дату ввода тренажера для возможности проведения валидации интегрированной системы и обучения операторов.

ЭО определяет отчетную документацию по работе группы HFE, например, Краткий отчет по результатам (RSR) выполнения программы HFE, и дополнительные информационные материалы, а также процедуру их хранения для предоставления регулирующему органу в целях ознакомления.

ЭО обеспечивает, чтобы подрядные организации, вовлеченные в программу HFE, включили требования HFE в свою деятельность. ЭО периодически проверяет соответствие подрядчиков требованиям HFE на основе подготовленного плана проверки.

ЭО определяет на основе плана процесса HFE текущую применимость и статус каждого вида деятельности HFE: Анализ опыта эксплуатации, Анализ функциональных требований и распределения функций, Анализ рабочих заданий, Анализ нормативной численности и квалификации персонала, Анализ важных действий человека, Проектирование HSIs, Разработка процедур, Разработка программ обучения, Верификация и валидация аспектов HFE, Внедрение проекта и Мониторинг деятельности человека.

### **18.2.8 Система отслеживания проблемных вопросов в области HFE**

ЭО использует систему отслеживания для рассмотрения и разрешения проблемных вопросов в области HFE, которые:

- носят отраслевой характер (определены в элементе "Анализ опыта эксплуатации");
- выявляются в процессе анализа, разработки, оценки и внедрения проектов и продуктов HFE;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	21
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- относятся программой HFE к несоответствиям в области HFE или инженерно-психологическим отклонениям.

Проблемные вопросы не требуют немедленного решения, но нуждаются в контроле, чтобы не быть проигнорированными.

Отслеживание проблемных вопросов HFE может быть одной из функций системы отслеживания в рамках процесса учета ОЭ (программы корректирующих мер).

ЭО устанавливает критерии для ввода в систему отслеживания проблемных вопросов по HFE. Проблемные вопросы отслеживаются до момента, пока негативный потенциал влияния на деятельности человека не уменьшится до приемлемого уровня или не будет полностью исключен.

ЭО документирует действия, предпринятые для разрешения каждого проблемного вопроса в системе отслеживания. Если никаких действий не требуется, это следует обосновать. Описание окончательного решения проблемного вопроса выполняется достаточно подробно, чтобы заинтересованное лицо могло его понять.

### 18.3 Анализ опыта эксплуатации

ЭО разрабатывает процедуры для анализа опыта проектирования, строительства и эксплуатации АЭС (далее, «опыт эксплуатации»), включая соответствующий опыт промышленности, с целью своевременного использования его на всех стадиях жизненного цикла АЭС, начиная от разработки проекта АЭС и заканчивая выводом АЭС из эксплуатации.

Основная цель анализа опыта эксплуатации (ОЭ) в рамках программ HFE, заключается в выявлении проблем безопасности, связанных с недостатками HFE. Анализ ОЭ предоставляет информацию о результатах проектирования и эксплуатации АЭС ЭО, эксплуатации аналогичных АЭС другими компаниями. Это может быть информация об эксплуатации оборудования или систем, требующих модернизации. Проблемные вопросы и уроки, извлеченные из ОЭ, обеспечивают своевременную основу для улучшения проекта АЭС, повышения надежности и безопасности ее эксплуатации. Внешними источниками ОЭ могут быть предприятия как ядерной, так и не ядерной отрасли.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	22
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Решение проблемных вопросов, извлеченных из ОЭ, может включать в себя изменения в распределении функций между человеком и автоматикой, в HSI конструкций оборудования и систем, в процедурах и программах обучения.

Информация по ОЭ вносит важный вклад в другие виды деятельности (элементы) программы HFE, как показано в таблице 18.3.1.1.

Элемент HFE	Вклад анализа ОЭ
Анализ функциональных требований и распределения функций	Основа для начальных требований
	Основа для начальных распределений
	Выявление необходимости изменений
Анализ рабочих заданий, Анализ надежности человека, Анализ нормативной численности и квалификации персонала	Важные действия человека и ошибки
	Проблемные операции и рабочие задания
	Случаи кадрового дефицита
Разработка интерфейсов "Человек-Система", процедур и программ обучения	Оценка альтернативных решений
	Потенциальные проектные решения
	Потенциальные проектные проблемы
Верификация и валидация в области HFE	Задачи для оценки
	Выбор событий и сценариев
	Выбор показателей деятельности
	Проверка разрешения проблем

Таблица 18.3.1.1 – Роль анализа опыта эксплуатации в программе HFE

Анализ ОЭ может внести вклад в рассмотрение и оценку HSI конструкций оборудования и систем АЭС, использоваться при выборе конкретных сценариев отказов для включения в валидационные испытания, служить в качестве основы при выборе конкретных показателей деятельности человека для оценки.

ЭО документирует результаты анализа ОЭ в кратких отчетах (RSRs), которые включают в себя проблемные вопросы, выявленные в ходе анализа, и меры по их решению. Для каждого решения ЭО разрабатывает планы мероприятий, контролируя сроки выполнения. Кроме этого RSRs содержат

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	23
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

методологию проведения анализа ОЭ. Общая структура RSRs по анализу ОЭ следующая:

- определение АЭС и других предприятий в качестве потенциальных источников опыта эксплуатации;
- описание методологии, использованной для анализа ОЭ;
- список проанализированных источников/документов в ходе рассмотрения ОЭ;
- обсуждение выполнения анализа ОЭ и полученных результатов;
- описание и результаты опросов персонала АЭС или других пользователей;
- перечень выявленных в ходе анализа ОЭ проблемных вопросов, по которым уже приняты решения ЭО;
- перечень открытых проблемных вопросов, которые все еще на контроле в системе отслеживания программы HFE.

Анализ ОЭ выявляет информацию о проблемных вопросах HFE на АЭС ЭО или аналогичных АЭС, системах и HSIIs, которая содержит:

- указание станций, систем, оборудования, релевантных АЭС ЭО;
- подробное описание процедуры идентификации и анализа любых проблемных вопросов, связанных с HFE на рассмотренных АЭС, системах и оборудовании, а также принятых решений по их устранению на АЭС ЭО;
- идентификацию, оценку и включение в проект АЭС ЭО положительного ОЭ других АЭС, систем и оборудования.

ЭО учитывает в своем анализе ОЭ признанные проблемные вопросы ядерной отрасли, которые отражены:

- в сообщениях ВАО АЭС о значительном ОЭ (SOE);
- в сообщениях ВАО АЭС о значительном событии (SER);
- в информации по HFE на основе ОЭ для проектирования HSIIs и современных реакторов (например, NUREG/CR-6400);
- в отчетах по анализу ОЭ NRC (серия NUREG-1275);

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	24
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- в отчетах о событиях на действующих АЭС.

Специалисты группы HFE обсуждают выявленные проблемные вопросы в ходе интервью с персоналом АЭС ЭО, на основе их ОЭ оборудования или систем. Эти интервью включают в себя обсуждение следующих тем:

#### Эксплуатация АЭС

- плановые режимы АЭС (например, пуск, работа на мощности и останов реактора);

- режимы отказов и частичная работоспособность систем АСУТП АЭС, включая, но не ограничиваясь подсистемами датчиков, мониторинга, автоматизации и управления, а также средствами коммуникации;

- частичная работоспособность средств HSIs (например, потеря видеодисплеев, обработки данных и большого экрана для отображения информации);

- переходные процессы (например, отключение турбины, потеря внешнего питания, обесточивание АЭС, потеря всей питательной воды, потеря технической воды, потеря питания на отдельные шины или источников питания БПУ, а также переходные процессы со срабатыванием предохранительных / разгрузочных клапанов);

- аварийные ситуации (например, обрыв главного паропровода, добавление положительной реактивности, ввод регулирующих стержней СУЗ при подаче питания, выброс регулирующих стержней СУЗ, ожидаемые переходные процессы без аварийного останова реактора и аварии с потерей теплоносителя различной тяжести);

- останов реактора и его охлаждение с использованием резервного пункта управления (РПУ).

#### Вопросы, касающиеся HFE конструкций

- технологическая и аварийная сигнализация и оповещения;

- средства отображения информации (СОИ);

- органы управления и системы автоматики;

- обработка информации и вспомогательные средства при работе;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	25
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- коммуникация в реальном времени с персоналом станции и другими подразделениями;

- процедуры, программы обучения, численность/квалификация персонала и должностные обязанности.

Анализ ОЭ выявляет важные действия человека на системах и оборудовании предшествующих АЭС ЭО и определяет их важность для текущей АЭС:

- для выявленных важных действий человека анализ ОЭ определяет сценарии, в которых они требуются, и проверяет, насколько успешно эти действия выполняются на оборудовании и системах текущей АЭС;

- если при выполнении важных действий человека были допущены ошибки, анализ ОЭ определяет решения, необходимые для улучшения деятельности человека;

- если установлено, что важные действия человека на АЭС ЭО отличаются от таковых для других АЭС, анализ ОЭ помогает указать, существует ли ОЭ для этих отличающихся важных действий человека.

ЭО разрабатывает процедуры для анализа ОЭ, чтобы применимый важный отраслевой опыт были своевременно использован на всех стадиях жизненного цикла АЭС, начиная от разработки проекта АЭС и заканчивая выводом АЭС из эксплуатации. ЭО анализирует проблемные вопросы, чтобы выявить:

- проблемные вопросы деятельности человека и источники человеческих ошибок;

- элементы конструкции/проекта, поддерживающие и улучшающие надежность и безопасность деятельности человека.

ЭО документирует каждый выявленный нерешенный проблемный вопрос, определенный как имеющий отношение к проекту АЭС, в системе отслеживания проблемных вопросов HFE.

При модернизации проекта системы, оборудования, анализ ОЭ учитывает следующие моменты:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	26
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- в центре внимания анализа ОЭ находится информация по системам и оборудованию станции, HSIs, процедурам или программам обучения, которые изменяются;

- если планируется использовать компьютеризированную систему поддержки, компьютеризированную систему процедур или системы автоматизации с дополнительными возможностями, анализ ОЭ описывает проблемные вопросы HFE, связанные с их использованием;

- анализ ОЭ учитывает опыт эксплуатации АЭС, на которой будет проведена модернизация, включая опыт работы с оборудованием, системами и технологиями, которые будут изменены (информация из программы корректирующих мер АЭС / процесса учета опыта эксплуатации).

#### **18.4 Анализ функциональных требований и распределения функций**

ЭО проводит анализ функциональных требований и распределения функций, чтобы гарантировать, что функции, необходимые для достижения целей АЭС ЭО, достаточно определены и проанализированы таким образом, чтобы распределение функций для персонала и машинных ресурсов могло использовать преимущества человека и машины, и избегало ограничений, присущих человеку и машине.

Основная задача анализа функциональных требований состоит в определении функций, которые должны выполняться для достижения общих целей АЭС:

- обеспечивать безопасность персонала, населения и окружающей среды путем предотвращения и смягчения последствий постулируемых аварий;
- производить электроэнергию для поставки в сеть.

Цели АЭС достигаются функциями высокого уровня. Функции, которые отвечают целям АЭС в области обеспечения безопасности, называют функциями безопасности. Примерами функций безопасности являются контроль реактивности, целостность защитной оболочки и контроль запаса теплоносителя в системе охлаждения реактора. Эти функции безопасности часто определяются с точки зрения пределов или параметров, важных для обеспечения целостности станции и предотвращения выброса радиоактивных материалов в атмосферу.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	27
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО проводит анализ функциональных требований для:

- определения функций высокого уровня, которые должны быть выполнены для достижения целей станции и желаемых показателей ее деятельности;
- определения отношений между функциями высокого уровня и системами станции, ответственными за выполнение функций;
- обеспечения основ определения должностных обязанностей персонала и функций систем автоматики.

Термин «функция» может относиться к высокоуровневым функциям АЭС, таким как функции безопасности, или к низкоуровневому описанию назначения отдельного элемента оборудования, такого как клапан или система индикации. С точки зрения анализ функциональных требований АЭС можно представить в виде следующей иерархической структуры: функции, процессы, системы и компоненты. Функции высокого уровня обычно выполняются посредством некоторой комбинации срабатывания систем более низкого уровня, таких как останов реактора, аварийная подпитка или система впрыска теплоносителя из гидроемкостей при аварии. Часто для достижения функции высокого уровня используются комбинации систем АЭС. Комбинация систем, используемых для достижения функции высокого уровня, называется процессом (например, система подпитки-продувки первого контура реактора). На рисунке 18.4.1 представлена иллюстрацию одной ветви функциональной иерархии, связанной с целью АЭС обеспечить безопасность.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	28
---	--	----

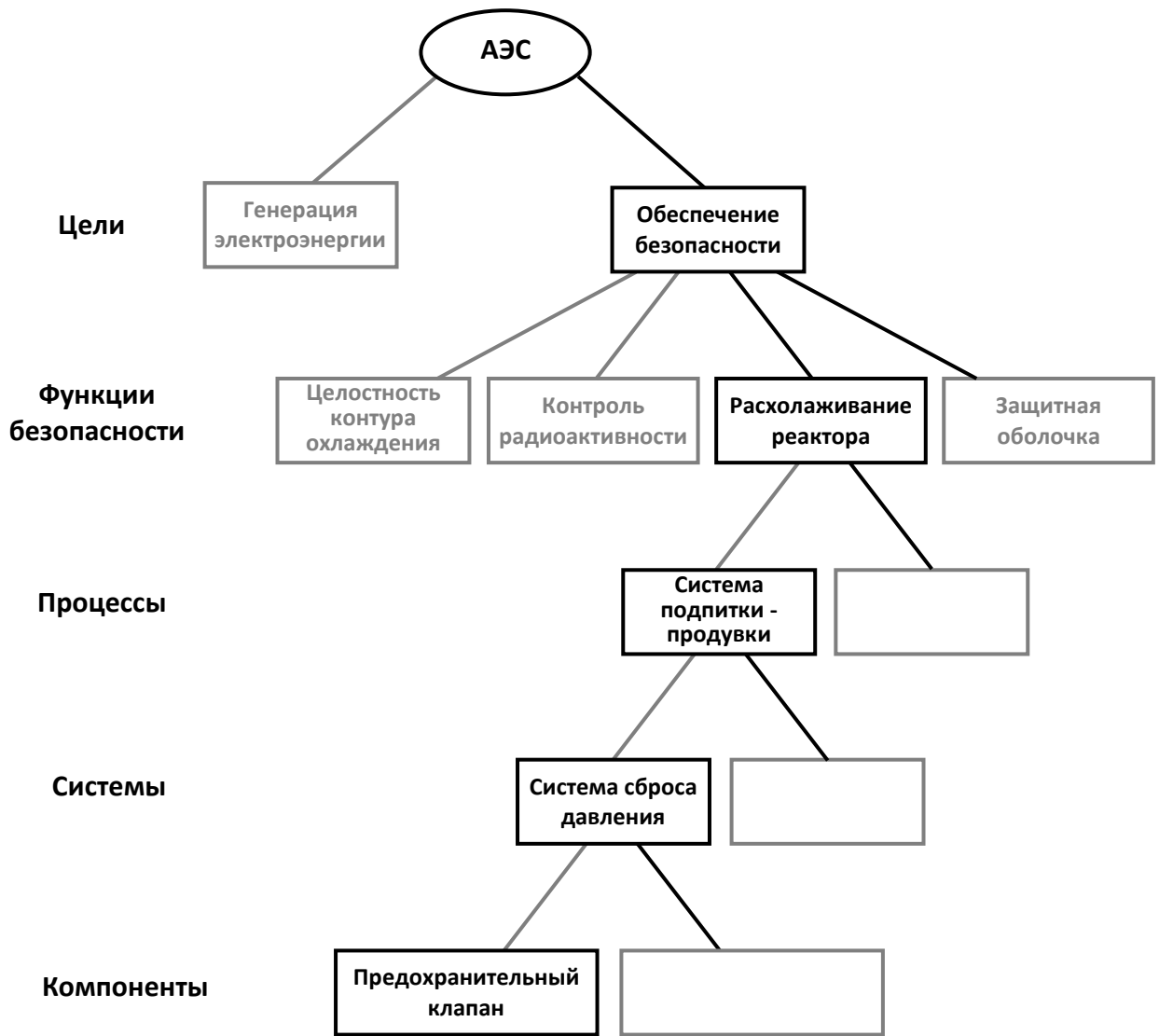


Рисунок 18.4.1. Пример функциональной иерархии АЭС для обеспечения целей безопасности

По мере анализа функций и четкого определения их требований, функции высокого уровня разбиваются на действия, необходимые для выполнения этих функций, независимо от того, выполняются ли они персоналом или системами автоматики.

После определения функциональных требований, функции распределяются между персоналом и системами автоматики АЭС:

- выполняются персоналом, например, с помощью ручного управления (без участия автоматики);

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- выполняются системами автоматике, например, с полностью автоматическим управлением и контролем.

Для выполнения функций может использоваться комбинация действий персонала и автоматике, например:

- распределение обязанностей при выполнении (автоматизированное управление некоторыми аспектами функции, в то время как другие выполняются вручную);

- делегирование автоматике выполнение функции (персонал дает команду системе автоматике, осуществляя строгий оперативный контроль);

- автономное выполнение функций, без участия человека, кроме заранее определенных ситуаций или обстоятельств, требующих ручных действий со стороны человека.

Функции, выделенные персоналу, выполняются на основе действий человека. Функции распределяются в соответствии с функциональными требованиями, учитывая при этом уровень технологии и стоимость дополнительных систем автоматике. Для обеспечения безопасности и надежности АЭС, ЭО учитывает относительные возможности, сильные и слабые стороны персонала и автоматике. Например, если функциональное требование состоит в том, чтобы действие было выполнено в течение нескольких секунд после отключения насоса, его следует автоматизировать, поскольку операторы будут испытывать трудности за такой короткий период распознать и среагировать нужными действиями на отключение.

Для обеспечения требуемой надежности, распределение обязанностей по выполнению ряда функций управления между персоналом и системами автоматике носит дублирующий и избыточный характер (например, наделение операторов задачей мониторинга и поддержания оперативного контроля над действиями системы автоматике).

Наделение функциями персонала предполагает и определенные действия, которые он должен выполнять. Эти действия человека конкретизируются в ходе анализа рабочих заданий. Далее рабочие задания распределяются между конкретными должностями, которые анализируются при рассмотрении вопросов нормативной численности и квалификации персонала.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	30
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Вопросы анализ функциональных требований и распределения функций рассматриваются ЭО при модернизации АЭС, которая может изменить уровень автоматизации первоначального проекта станции (например, для системы управления питательной водой), и повлиять на функции и обязанности персонала АЭС. Модернизация может не только изменять рабочие задания, выполняемые персоналом при взаимодействии с новой системой или HSI, но она также может влиять на то, насколько эффективно персонал сможет выполнять другие функции, которые могут показаться не связанными с модернизацией.

ЭО разрабатывает краткий отчет (RSR) по результатам анализа функциональных требований и распределения функций. RSR содержит полный набор функциональных требований, необходимых для достижения целей АЭС, с указанием, как эти функции распределены между персоналом и системами автоматики. В RSR дается также описание методологии, которая была использована для проведения анализ функциональных требований и распределения функций.

RSR по результатам анализа функциональных требований и распределения функций включает в себя:

- набор функций безопасности для АЭС;
- объяснение методологии, используемой для распределения функций;
- полный набор функциональных требований, необходимых для достижения целей АЭС;
- окончательный вариант распределения функций;
- определение того, как персонал и автоматизированные системы выполняют эти функции;
- техническая основа для всех распределений функций.

ЭО использует структурированную, документированную методологию, отражающую рекомендации и указания в области HFE, для выполнения анализа функциональных требований и распределения функций. На рисунке 18.4.2 представлен процесс анализ функциональных требований и распределения функций, используемый ЭО.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	31
---	--	----

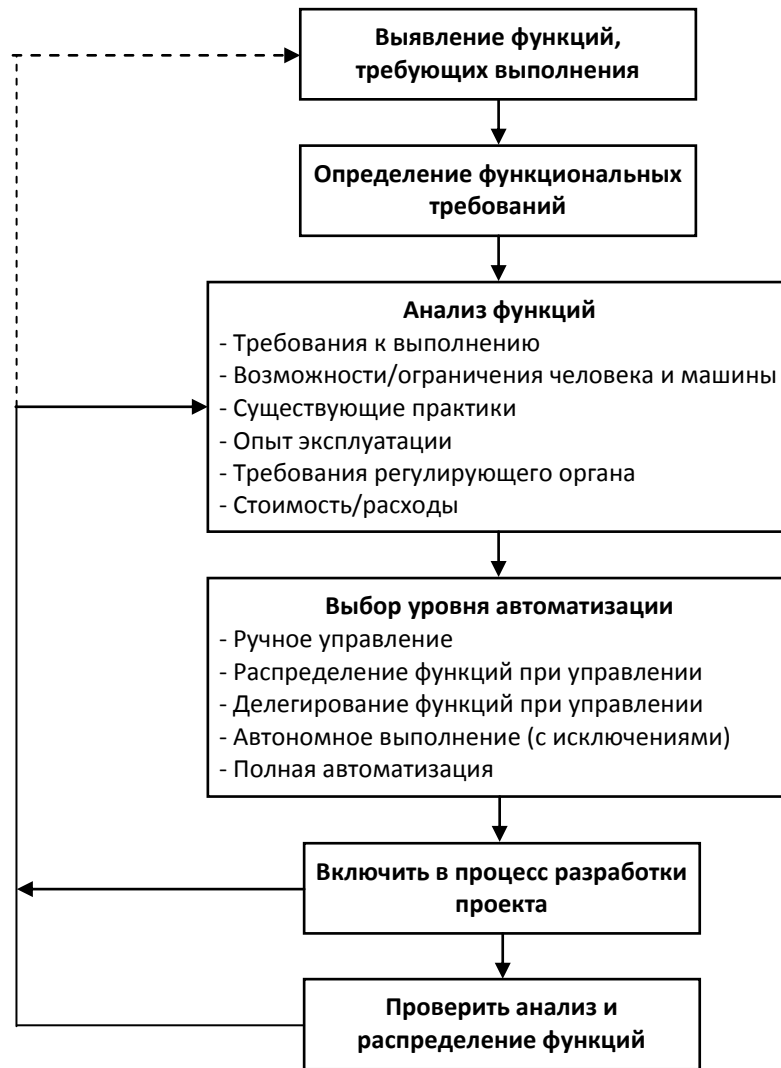


Рисунок 18.4.2 – Анализ функциональных требований и распределения функций.

Анализ функциональных требований и распределения функций периодически проводится ЭО, чтобы поддерживать их актуальность на всех стадиях жизненного цикла АЭС, начиная от пуска и заканчивая выводом АЭС из эксплуатации, используя в качестве основы для анализа при рассмотрении возможных изменений на АЭС.

Описание ЭО функциональной иерархии АЭС, включая цели, функции, процессы и системы, включает в себя:

- сравнение их с предшествующими или референтными АЭС;



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- выявление различий между предлагаемым и тем, что представлено на референтных АЭС;
- документирование технической основы для изменения функций высокого уровня на новой АЭС, по сравнению с предыдущими проектами;
- определение для каждой функции безопасности и других функций АЭС (например, выработка электроэнергии) набора конфигураций систем, которые отвечают за выполнение этих функций или способны их выполнять;
- декомпозиция функций, начиная с функций «высокого уровня», где описывается очень общая картина основных функций, и далее до более низких уровней, пока не возникнет конкретное критическое требование к конечному элементу (например, элемент оборудования, программное обеспечение или действие человека).

Функциональная декомпозиция касается следующих уровней:

- функции высокого уровня (например, поддержание целостности системы охлаждения реактора);
- процессы, в зависимости от обстоятельств, которые обеспечивают достижение этих функций;
- конкретные системы и компоненты станция;
- действия человека, в зависимости от обстоятельств (дополнительно действия человека рассматриваются при анализе рабочих заданий).

Для каждой функции высокого уровня ЭО определяет следующие требования:

- цель функции высокого уровня;
- условия, указывающие на необходимость функции высокого уровня;
- параметры, указывающие, что функция высокого уровня в наличии;
- параметры, указывающие, что функция высокого уровня выполняется (например, индикация потока);
- параметры, указывающие, что функция высокого уровня достигает своей цели (например, уровень теплоносителя в корпусе реактора возвращается к норме);

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	33
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- параметры, указывающие на то, что работа функции высокого уровня может или должна быть прекращена.

ЭО распределяет функции по уровням автоматизации (например, от ручного выполнения до полностью автоматизированного) и определяет технические основы для этого распределения.

Используются следующие технические основы для распределения функций между человеком и автоматикой:

- функции или их части могут быть распределены на основе опыта эксплуатации. Успешный ОЭ может предполагать сохранение распределения функций, как в предшествующих проектах АЭС, а проблемы ОЭ могут предполагать изменение распределения функций для решения этих проблем;

- функции или их части могут быть назначены системам автоматики, когда их требования к выполнению превышают возможности человека и вероятно человеческая ошибка. Условия, которые устанавливают основу для автоматизации (при условии приемлемости других факторов, таких как техническая осуществимость или стоимость), включают в себя: требуемое время отклика очень мало, действие должно быть выполнено многократно, или когда требуется очень точное управление;

- функции или их части следует распределить между персоналом, когда необходимы знания и суждения человека для обеспечения надежного выполнения функций, или важно сохранить активность и вовлеченность персонала в выполнение функции, чтобы у него было хорошее понимание ситуации, а также для предотвращения скуки (недостаточная загруженность).

Распределение функций учитывает не только те функции, за которые персонал несет основную ответственность, но также и их обязанности по мониторингу функций систем автоматики, по обнаружению снижения работоспособности и отказов оборудования, а также необходимость персонала брать на себя ручное управление в зависимости от ситуации. Распределение функций обеспечивает, чтобы все функции, назначенные персоналу, были приемлемыми и не мешали друг другу.

ЭО убеждается, что в ходе анализа функциональных требований и распределения функций:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	34
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- определены все функции высокого уровня, необходимые для обеспечения безопасной работы;
- определены все требования каждой функции высокого уровня;
- распределение функций для человека и автоматизированных систем обеспечивает определенную роль для персонала, используя возможности человека и избегая его ограничений.

При рассмотрении аспектов HFE модернизации систем и оборудования АЭС, ЭО учитывает следующие моменты:

- анализ функциональных требований должен рассмотреть новые функции, обусловленные изменениями в отношении степени интеграции между системами АЭС. Модернизация может изменить существующие функции безопасности или ввести новые функции для систем, поддерживающих их;
- анализ функциональных требований следует пересмотреть и обновить, чтобы отразить изменения на АЭС. Область действия анализа функциональных требований может быть ограничена функциями, связанными с модернизацией;
- распределения функций следует пересмотреть и обновить, чтобы отразить модернизацию, которая могла изменить распределение функций между персоналом и системами автоматики на АЭС, важных для безопасности. Область анализа может быть ограничена функциями, связанными с модернизацией.

Следует учитывать, что увеличение требований к выполнению определенных рабочих заданий, в результате изменений, может повлиять на способность персонала выполнять другие действия, отнесенные к категории важных.

### 18.5 Анализ рабочих заданий

Функции, назначенные персоналу, это функции, которые будут выполняться через действия человека. ЭО анализируют действия человека с целью определить рабочие задания, в рамках которых персонал должен выполнять свои действия. Рабочие задания это совокупность связанных видов деятельности, имеющие общую цель. Анализ рабочих заданий определяет конкретные рабочие задания, необходимые для выполнения действий человека, а также средства оповещения, информацию (СОИ), элементы управления и

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	35
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

средства поддержки, необходимые для выполнения этих рабочих заданий. Результатами анализа рабочих заданий являются исходные данные для многих видов деятельности программы HFE. Например, они формируют основу для анализа:

- нормативной численности и квалификации персонала;
- HSIs, процедур и содержания программ обучения;
- верификации средств поддержки выполнения рабочих заданий.

В ходе анализа рабочих заданий ЭО определяет:

- конкретные рабочие задания, выполняемые персоналом для реализации своих функций;
- технологическую и аварийную сигнализацию, информацию (СОИ), элементы управления и средства поддержки рабочих заданий, необходимые для выполнения этих рабочих заданий.

Результатом анализа рабочих заданий ЭО является перечень рабочих заданий, которые необходимо выполнять, а также требования для выполнения каждого рабочего задания. Анализ рабочих заданий формирует исходные данные для других видов деятельности процесса HFE.

ЭО разрабатывает краткий отчет (RSR) по результатам анализа рабочих заданий, который включает в себя:

- действия человека, которые необходимо рассмотреть с помощью анализа рабочих заданий;
- описание методологии анализа рабочих заданий;
- описание рабочих заданий персонала, включая описание видов деятельности, которые необходимы для выполнения заданий;
- необходимые области рассмотрения рабочих заданий;
- взаимосвязь между рабочими заданиями;
- оценку времени, необходимого для выполнения рабочих заданий;
- расчетную рабочую нагрузку;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	36
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- перечень технологической и аварийной сигнализации, содержание информации, элементы управления и средства поддержки выполнения рабочих заданий, определенных в результате анализа рабочих заданий;

- определение количества персонала, необходимого для выполнения каждого рабочего задания;

- определение знаний, умений и способностей, необходимых для выполнения каждого рабочего задания.

Объем анализа рабочих заданий ЭО включает в себя:

- все важные действия человека, определенные с помощью вероятностных и детерминированных методов в процессе «Анализ важных действий человека».

ЭО отбирает такое количество рабочих заданий для анализа, которое представляет собой полный спектр режимов работы станции, включая пуск, нормальные режимы эксплуатации, режимы пониженной мощности и останов реактора, переходные процессы, нештатные условия эксплуатации, аварийные ситуации и запроектные аварии.

Выбранные рабочие задания охватывают:

- рабочие задания, которые не были определены как «важные действия человека», но имеют отрицательные последствия при неправильном выполнении;

- рабочие задания, которые являются новыми по сравнению с рабочими заданиями на предыдущих АЭС, например, связанные с новыми системами или процедурами;

- рабочие задания, которые хотя и не являются новыми, выполняются значительно иначе, чем на предшествующих станциях;

- рабочие задания, связанные с мониторингом автоматизированных систем, которые важны для безопасности станции, а также с использованием автоматизированных вспомогательных средств поддержки персонала, таких как компьютеризированные процедуры;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	37
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- рабочие задания, связанные с выявлением отказов или ухудшением работоспособности систем автоматики, а также с реализацией ответных действий средств технической поддержки;

- рабочие задания, которые, как ожидается, будут предъявлять высокие требования к персоналу, например, из-за нехватки времени или высокой рабочей нагрузки (например, дополнительные административные задачи могут способствовать увеличению рабочей нагрузки и снижать возможности оперативного контроля работы станции);

- рабочие задания, важные для безопасности станции, которые выполняются во время технического обслуживания, испытаний, инспекций и надзора;

- рабочие задания с потенциальными проблемами для безопасности персонала (например, рабочие задания по техническому обслуживанию, выполняемые в защитной оболочке).

ЭО описывает методологию отбора, используемую для выбора рабочих заданий для анализа, на основе критериев, специально установленных для определения необходимости анализа конкретного рабочего задания.

Анализ рабочего задания начинается с подробного описания того, как должен действовать персонал. Анализ достаточно подробен, чтобы определить технологическую и аварийную сигнализацию, информацию (СОИ), средства управления и средства поддержки, необходимые для выполнения рабочего задания. Описание рабочих заданий касается областей (конкретизируются для каждого рабочего задания), перечисленных в таблице 18.5.1.

Область	Пример
Сигнализация	- аварийная и предупредительная сигнализация
Информация	- параметры (единицы измерения, точность и прецизионность <sup>2</sup> ) - обратная связь, необходимая для указания адекватности предпринятых действий

<sup>2</sup> Степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях (ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002).

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	38
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Область	Пример
Принятие решения	<ul style="list-style-type: none"> <li>- тип решения (относительный, абсолютный, вероятностный)</li> <li>- необходимость выполнения анализа данных</li> </ul>
Отклик	<ul style="list-style-type: none"> <li>- действия, которые необходимо предпринять</li> <li>- частота рабочих заданий и требуемая точность</li> <li>- доступное время и временные ограничения (распределение рабочих заданий)</li> <li>- физическое положение (стоя, сидя, на корточках и т.д.)</li> <li>- биомеханика: <ul style="list-style-type: none"> <li>• движения (поднимать, толкать, поворачивать, тянуть, повернуть и т.п.)</li> <li>• необходимые усилия</li> </ul> </li> </ul>
Командная работа и коммуникация	<ul style="list-style-type: none"> <li>- необходимая координация между членами команды, выполняющими работу</li> <li>- коммуникация персонала для мониторинга информации или с целью предпринять действия по управлению</li> </ul>
Рабочая нагрузка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- когнитивная</li> <li>- физическая</li> <li>- взаимное наложение требований рабочих заданий (последовательные и параллельные элементы рабочих заданий)</li> </ul>
Средства поддержки выполнения рабочего задания	<ul style="list-style-type: none"> <li>- специальная и защитная одежда, СИЗ</li> <li>- необходимые инструкции по выполнению операций, процедуры или справочные материалы</li> <li>- необходимые инструменты и оборудование</li> </ul>
Факторы места выполнения рабочего задания	<ul style="list-style-type: none"> <li>- входные и выходные пути к месту работы</li> <li>- рабочее пространство, необходимое для выполнения рабочего задания</li> <li>- типичные условия окружающей среды (например, освещение, температура, шум)</li> </ul>
Ситуационные факторы и факторы, влияющие на деятельность человека	<ul style="list-style-type: none"> <li>- стресс</li> <li>- давление времени (спешка)</li> <li>- экстремальные условия окружающей среды</li> <li>- сокращение штатов</li> </ul>
Идентификация факторов опасности	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выявление связанных с выполнением рабочего задания опасностей, например, получение травмы</li> </ul>

Таблица 18.5.1 – Области анализа рабочего задания

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	39
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО определяет взаимосвязь между рабочими заданиями. Некоторые рабочие задания могут выполняться в любом порядке или параллельно, некоторые рабочие задания должны выполняться в линейной последовательности, в то время как для других взаимосвязь является условной (если условие "А" существует, выполните задачу "В"). Некоторые рабочие задания могут включать скоординированные действия между персоналом смены, или между персоналом БПУ и оперативным персоналом на местах.

ЭО оценивает время, необходимое для выполнения каждого рабочего задания, указывает количество персонала, необходимого для выполнения каждого рабочего задания, а также определяет их знания и способности, необходимые для выполнения каждого рабочего задания.

ЭО проводит анализ рабочих заданий на итеративной основе на стадии разработки проекта.

ЭО предоставляет анализ осуществимости и надежности для важных действий человека, который устанавливает доступное время выполнения с использованием метода анализа и критериев приемлемости, соответствующих методических рекомендаций и указаний, связанных с этими действиями. Основание для доступного времени выполнения действий документируется:

- время, необходимое для выполнения человеком действий, основывается на анализе времени реагирования систем станции на ожидаемое эксплуатационное событие или аварийную ситуацию. Анализ необходимого времени отражает методические рекомендации и указания, связанные с этим событием;

- анализ необходимого времени основывается на документированной последовательности действий оператора (на основе анализа рабочих заданий, на основе предоставленных поставщиками общих технических руководящих указаний и рекомендаций для разработки аварийных процедур, или разработанных аварийных процедур для АЭС ЭО);

- методы, позволяющие свести к минимуму систематическую ошибку, используются, когда оценки требуемого времени производятся с использованием методов, которые зависят от экспертного заключения. Неопределенности в анализе требуемого времени выявляются и оцениваются;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	40
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- в последовательности действий используются только технологическая и аварийная сигнализация, элементы управления и СОИ, которые были бы доступны и работали в течение предполагаемого сценария (сценариев);

- предполагаемое время операторов для выполнения рассматриваемых действий достаточно для успешного выполнения применимых шагов в аварийных процедурах.

ЭО использует следующие методы получения оценок времени в процессе анализа для отдельных компонентов рабочих заданий:

- интервьюирование и опросы операторов;
- анализ опыта эксплуатации;
- компьютерные модели поведения человека, такие как сетевое моделирование рабочих заданий;
- использование макетов элементов управления / СОИ;
- результаты работ групп экспертов.

В ходе анализа рабочих заданий обосновывается численность персонала, и если рассматриваемые ручные действия требуют дополнительных операторов, помимо предполагаемого штата персонала, ЭО формулирует обоснование для своевременного предоставления дополнительного персонала, и оценка требуемого времени включает также время, необходимое для вызова дополнительного персонала. Кроме этого в ходе анализа определяется запас времени, который необходимо добавить к требуемому времени, и основа для обоснования достаточности этого запаса времени.

Анализ последовательности действий проводится на уровне детализации, достаточном для идентификации отдельных компонентов рабочего задания, включая когнитивные элементы, такие как диагностика и выбор подходящих ответных действий.

Последовательность действий оператора анализируется ЭО на уровне детализации, необходимом для определения критических элементов действий и факторов, влияющих на деятельность человека (например, рабочая нагрузка, нехватка времени), на требуемое время выполнения, а также на вероятность успешного завершения последовательности действий. ЭО устанавливает оценки времени для выполнения отдельных компонентов рабочего задания (например,

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	41
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

подтверждение или квитирование сигнализации, выбор процедуры, проверка открытия клапана, запуск насоса) и основания для этих оценок с помощью метода, применимого к характеристикам HSIs пультов управления на основе ЭВМ.

ЭО учитывает при модернизации систем АЭС различные аспекты HFE, связанные с возможным влиянием на статус действия человека (это влияние может значительно возрасти или снизиться), либо с появлением новых действий человека. Модернизация систем АЭС предусматривает:

- пересмотр и обновление результатов анализа существующего рабочего задания с целью отразить изменения. Если анализ рабочего задания ранее не проводился, выполняется анализ нового рабочего задания. Для работ по техническому обслуживанию, испытаниям, инспекциям и надзору следует уделить внимание новым важным действиям человека или действиям, поддерживаемым новыми технологиями (например, новыми возможностями для обслуживания в режиме онлайн).

Анализ рабочего задания при модернизации идентифицирует проектные характеристики существующих HSIs, поддерживающих работу опытного персонала (например, обеспечение высокого уровня выполнения в сложных ситуациях), и учитывает эти характеристики при разработке новых требований к проекту. Конструктивные особенности, выявленные во время анализа ОЭ, также тщательно взвешиваются в ходе этого рассмотрения.

Характеристики конструкции включают в себя пространственное расположение устройств управления и СОИ, а также простоту настройки элементов управления и СОИ для решения специальных рабочих заданий. Новому проекту следует иметь характеристики выполнения функций, аналогичных предыдущим, или автоматизировать их выполнение. Кроме того, анализ рабочих заданий позволяет выявить и изучить любые изменения, которые были внесены пользователями в предыдущие HSIs, такие как пометки и вспомогательные средства для запоминания, что позволяет предположить, что предыдущий проект не полностью удовлетворял потребностям пользователей. Необходимо, чтобы новые требования к проекту адекватно отвечали всем требованиям рабочих заданий.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	42
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

## 18.6 Анализ нормативной численности и квалификации персонала

Персонал АЭС ЭО и его квалификация являются важными факторами на протяжении всех стадий жизненного цикла эксплуатации АЭС. Начальная нормативная численность персонала устанавливается на основе опыта работы предыдущих АЭС ЭО, принятых целей в области кадрового обеспечения (например, сокращение штатов), первоначального анализа и методических рекомендаций и указаний. Окончательная нормативная численность персонала АЭС ЭО является результатом анализа численности и квалификации персонала в рамках программы HFE, политик и практик ЭО, а также информации в области регулирования.

Нормативная численность персонала учитывается ЭО при возможных модернизациях систем и оборудования АЭС, когда изменения влияют на важные действия человека и возникает необходимость проверить потребности в численности персонала с целью убедиться, что все эти важные действия могут быть успешно выполнены.

Анализ нормативной численности и квалификации персонала при проведении модернизации проводится ЭО для определения новых потребностей в численности и квалификации персонала для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации АЭС и выполнения всех рабочих заданий. Если предлагаемая модернизация существенно меняет, например, технологию, лежащую в основе работы БПУ, ЭО оценивает влияние этого изменения на квалификацию персонала станция и на взаимодействие персонала БПУ с операторами на местах.

ЭО выполняет анализ нормативной численности и квалификации персонала и определяет численность эксплуатационного персонала и соответствующие квалификационные требования для конкретной АЭС. Результаты данного анализа документируются в кратком отчете (RSR), который включает в себя:

- описание процесса, используемого для определения нормативной численности и квалификации персонала;
- нормативную численность персонала;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	43
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- распределение рабочих задач между персоналом;
- описание необходимой квалификации персонала;
- исходную информацию для анализа численности персонала от других элементов программы HFE, или обоснование того, почему эта информация не была включена в анализ;
- результаты валидации окончательной нормативной численности персонала.

ЭО использует соответствующие рекомендации, указания и нормативные документы по вопросам определения нормативной численности и квалификации персонала.

ЭО использует результаты анализа рабочих заданий в качестве исходных данных для анализа нормативной численности и квалификации персонала. Рабочие задания для выполнения персоналом, рассматриваемые в процессе анализа рабочих заданий, распределяются между штатными должностями, чтобы обеспечить определение должностей с учетом:

- характеристик рабочих заданий, таких как необходимые знания, умения и способности, взаимосвязь между рабочими заданиями, время, необходимое для выполнения рабочих заданий, и предполагаемая рабочая нагрузка;
- способностей человека поддерживать ситуационную осведомленность в зоне своей ответственности;
- командной работы и командных процессов, таких как партнерская проверка.

Анализ нормативной численности ЭО определяет количество и квалификацию эксплуатационного персонала для всего диапазона условий и рабочих заданий АЭС, включая эксплуатационные рабочие задания (при нормальных, нештатных и аварийных условиях), техническое обслуживание и надзор за оборудованием и системами станции, а также проведение испытаний.

Отправной точкой анализа служат данные по численности и квалификации персонала с предшествующих АЭС ЭО, которые подвергаются корректировке в соответствии с информацией, полученной из проекта новой АЭС.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	44
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Анализ нормативной численности ЭО носит итеративный характер, и первоначальные цели по численности изменяются по мере получения новой информации из анализа HFE от других элементов программы.

ЭО рассматривает основу для анализа нормативной численности и квалификации персонала, опираясь и учитывая следующие аспекты.

Результаты анализа опыта эксплуатации:

- проблемы эксплуатации и преимущества, обусловленные нормативной численностью персонала на предшествующих АЭС;

- первоначальные цели численности персонала и их основа, включая нормативная численность персонала предшествующих станций, а также описание существенных сходств и различий между предшествующими АЭС и текущей АЭС;

- рекомендации по численности персонала, описанные в нормативных документах, руководящих указаниях и рекомендациях;

- возможное влияние на численность персонала требований пределов рабочего времени, перерывов в работе, выходных дней, как важного фактора функциональной пригодности персонала к выполнению работ.

Анализ функциональных требований и распределения функций:

- потенциальные несоответствия между функциями, назначенными персоналу, и его квалификацией;

- изменения в роли персонала из-за изменений систем и оборудования станций и связанных с этим аспектов HFE.

Анализ рабочих заданий:

- время, необходимое для выполнения рабочего задания и рабочая нагрузка;

- коммуникация и координация персонала, включая взаимодействие между лицами для диагностики, планирования и управления станцией, а также взаимодействие между персоналом для административной деятельности, коммуникации и ведения отчетности;

- требования к работе, вытекающие из суммы всех рабочих заданий, распределенных каждому человеку внутри и за пределами БПУ;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	45
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- потенциальное снижение способности персонала координировать свою работу из-за изменений на станции;

- действия и процедуры для реализации первоначального реагирования на аварию в ключевых функциональных областях, как указано в плане действий в чрезвычайных ситуациях.

Учет важных действий человека:

- влияние численности персонала на эффективность выполнения определенных важных действий;

- влияние численности персонала на координацию персонала для выполнения важных действий.

Разработка процедур:

- потребности в численности персонала, вытекающие из требований одновременного использования нескольких процедур;

- знания, умения и способности, а также полномочия персонала, определенные в процедурах.

Разработка программ обучения:

- обеспокоенности по поводу координации действий персонала, которые были выявлены в ходе подготовки персонала.

**18.7 Анализ важных действий человека**

При обеспечении целей в области безопасности АЭС анализ рисков предоставляет ЭО инструмент для определения приоритетов в своей деятельности, чтобы направить свои усилия и ресурсы на те действия, которые наилучшим образом служат достижению этих целей.

Программа HFE способствует достижению этих целей, применяя дифференцированный подход к проектированию и эксплуатации АЭС, концентрируя основное внимание на тех действиях человека, которые наиболее важны для безопасности станции.

ЭО идентифицируют те действия человека, которые наиболее важны для безопасности, с помощью комбинации вероятностного и детерминистического анализов, а затем обращается к этим действиям при проведении программы

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	46
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

HFE. Первый тип анализа обычно выполняется с использованием вероятностной оценки безопасности или вероятностной оценки риска (PRA), включая анализ надежности человека (HRA). Эти анализы идентифицируют важные с точки зрения риска действия человека, описанные в отчете по обоснованию безопасности (FSAR). Детерминированные инженерные анализы выполняются как часть набора анализов в FSAR (например, анализ переходных процессов и аварий), и в ряде случаев включают в себя оценку заслуживающих внимания действий человека.

HRA является неотъемлемой частью проведения PRA. HRA оценивает потенциал и механизмы ошибок человека, которые могут повлиять на безопасность станции. HRA является важным элементом в обеспечении целей программы HFE, позволяющих минимизировать ошибки персонала, поддерживать способность персонала их обнаружить и возможность обеспечить восстановление после возникновения ошибки. HRA представляет собой комплексную деятельность, поддерживающую как программу HFE, так и деятельность PRA. Надежность и качество HRA во многом зависят от понимания аналитиком причин, способов и вероятностей человеческих ошибок, рабочих заданий персонала, которые должны быть выполнены, информации об этих рабочих заданиях и любых специфических для заданий факторов, которые могут влиять на их выполнение. Аналитики используют описание и анализ функций и рабочих заданий персонала, а также эксплуатационные характеристики HSIs. HRA предоставляет ценную информацию о желательных характеристиках проектов HSIs. Программа HFE уделяет особое внимание тем сценариям работы систем и оборудования АЭС, важных с точки зрения рисков для действий человека и HSIs, которые PRA/HRA выделяют как жизненно важные для безопасности и надежности станции.

PRA и HRA проводятся ЭО с ранних этапов процесса проектирования, обеспечивая информацию и рекомендации как для проектирования систем, так и для целей HFE. ЭО использует первую версию PRA/HRA для определения важных действий человека, чтобы учесть их в программе HFE на ранних стадиях разработки проекта. Анализ итеративно обновляется по мере разработки проекта (включая окончательный PRA/HRA), гарантируя, что действительно важные действия человека выявлены и рассмотрены.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	47
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Вероятностный анализ дополняется выявлением важных действий человека в детерминистических анализах FSAR. Для этой цели ЭО анализирует переходные процессы и аварийные ситуации. Анализы в ряде случаев включают действия человека, которые служат предотвращению или смягчению последствий аварий и переходных процессов. Эти действия могут или не могут быть признаны PRA важными с точки зрения риска. Тем не менее, все включенные в анализ действия человека следует считать детерминистически значимыми для целей программы HFE.

Рисунок 18.7.1 иллюстрирует взаимосвязь между анализом важных действий человека и остальными видами деятельности программы HFE. Важные действия человека специально рассматриваются при проектировании и эксплуатации АЭС во многих элементах программы HFE, в которых ЭО описывает, как каждое важное действие человека учитывается, чтобы свести к минимуму вероятность ошибки персонала и обеспечить способность персонала выявлять и устранять любые возникающие ошибки.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	48
---	--	----



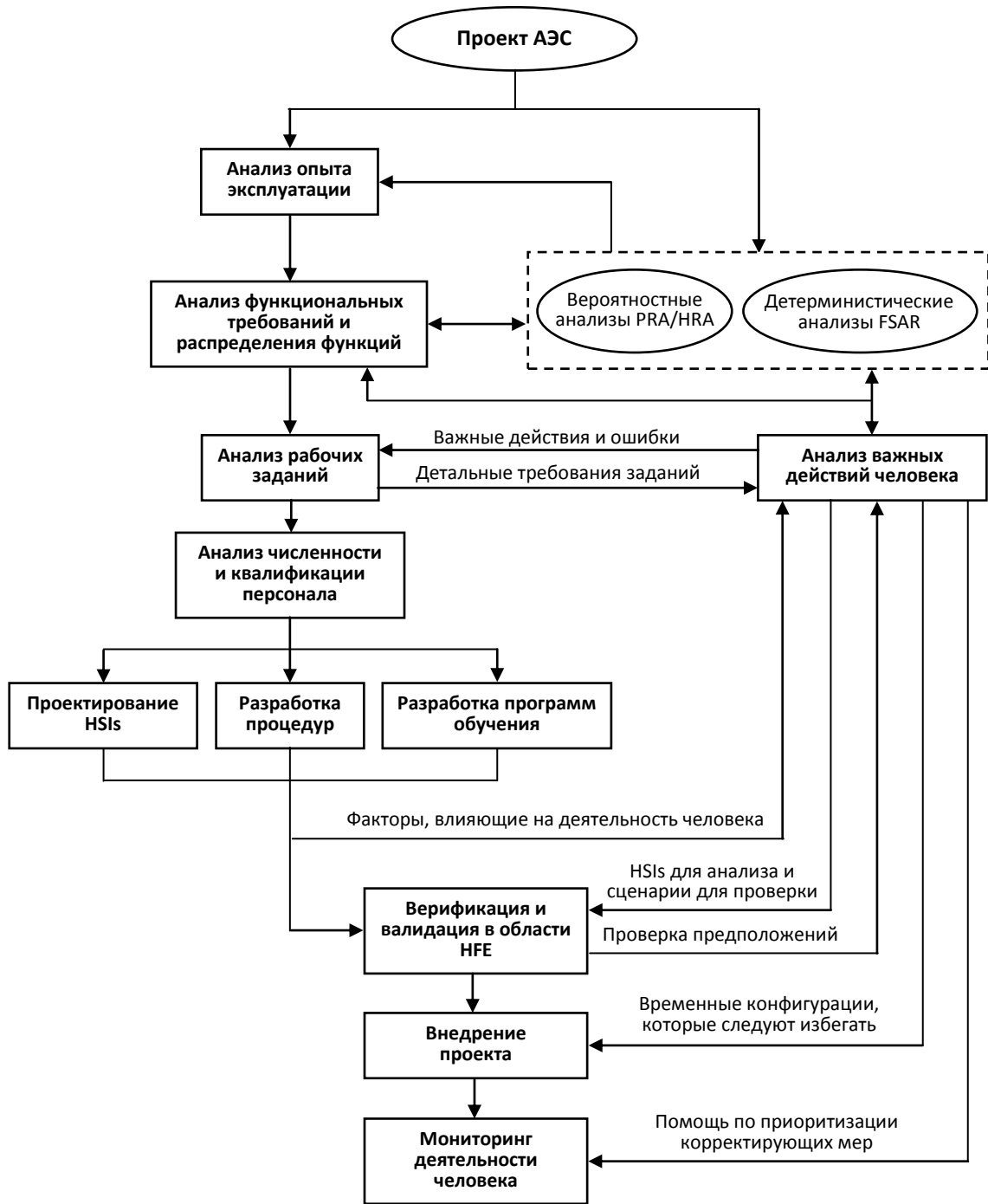


Рисунок 18.7.1 – Взаимосвязь между анализом важных действий человека и другими видами деятельности программы HFE.

Результатом анализа ЭО важных действий человека является перечень важных действий, который передается в другие виды деятельности программы HFE.

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

По результатам анализа важных действий человека ЭО разрабатывает краткий отчет (RSR), который включает в себя следующие аспекты:

- окончательный список важных действий человека;
- описание методологии, использованной для идентификации и отбора действий человека.

ЭО идентифицирует важные с точки зрения рисков действия человека из PRA/HRA.

ЭО определяет детерминированные важные действия человека из следующих анализов:

- действия персонала в переходных процессах и аварийных ситуациях (согласно, FSAR).

ЭО указывает, насколько важные действия человека рассмотрены и учтены программой HFE при анализе распределения функций, при анализе рабочих заданий и проектировании HSIs, при разработке процедур и программ обучения с целью минимизировать вероятность человеческой ошибки и облегчить обнаружение ошибок и возможность восстановления после их возникновения.

Анализ важных действий человека помогает гарантировать, что проект и эксплуатация АЭС учитывают эти действия, которые находятся в пределах допустимых возможностей для выполнения человеком (например, в пределах требований времени и рабочей нагрузки).

При модернизации АЭС ЭО выполняет анализ важных действий человека для соответствующих систем и оборудования, которые изменяются. Кроме этого ЭО рассматривает следующие вопросы:

- изменяет ли модернизация какое-либо важное действие человека? Если это так, необходимо провести его анализ методами данного элемента программы HFE, чтобы гарантировать, что проект станции все еще учитывает важные действия человека должным образом;
- вводит ли модернизация новые важные действия человека? Если это так, то следует рассмотреть их с использованием методов анализа важных действий человека в рамках программы HFE.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	50
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

## 18.8 Проектирование интерфейсов "Человек-Система" (HSIs)

### 18.8.1 Общие положения по разработке интерфейсов "Человек-Система"

Процесс проектирования интерфейсов "Человек-Система" (HSIs) представляет собой перевод требований к функциям и рабочим заданиям в характеристики и функции HSIs. Интерфейсы, с которыми взаимодействует персонал, разрабатываются с помощью структурированной методологии, которая помогает проектировщикам определять и выбирать подходящие подходы к разработке HSIs, определять детальные проекты, а также проводить испытания и оценки HSIs. Методология ЭО охватывает использование методических указаний и рекомендаций HFE к уникальным аспектам проекта HSI, включая руководство по стилю построения HSI (набор стандартов) для определения соглашений (например, по цветам, символам, курсорам), которые будут использоваться при проектировании HSIs. Такая методология проектирования HSIs помогает проверить стандартизацию и последовательность в применении рекомендаций и указаний HFE при разработке. Процесс проектирования и обоснования HSIs документируется для последующего рассмотрения.

Вопросы, связанные с детальным проектированием конкретных аспектов HSIs, решаются во время работы над проектом HSI, а не в ходе верификации и валидации (V&V), когда внести изменения в проект намного сложнее. Решения о приемлемых форматах отображения информации или о предоставлении аварийной и предупредительной сигнализации принимаются на основании испытаний и оценок HSIs, проводимых на этапе проектирования HSI, не откладывая эти решения до V&V.

ЭО разрабатывает краткий отчет (RSR) с полным набором HSIs, которые используются персоналом для безопасной эксплуатации и обслуживания станции, включающий также в себя:

- описание исходной информации для процесса проектирования HSIs;
- концепцию использования HSIs и обзор проектирования HSIs;
- руководство, используемое для детального проектирования HSIs;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	51
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- подробное описание HSI's блочного пункта управления (БПУ), центра технической поддержки (ЦТП), аварийного центра АЭС (ПУПД), резервного пункта управления (РПУ), местных постов управления (МПУ), охватывающее их конструкцию, функциональные и эксплуатационные характеристики;

- описание того, как проект минимизирует влияние ухудшений работоспособности АСУТП АЭС и HSI's на деятельность персонала;

- результаты испытаний и оценок, проведенных для поддержки проекта HSI's.

Исходными данными для проектирования HSI's служат следующие требования.

Анализ требований рабочих заданий к персоналу

ЭО использует следующие анализы, выполненные на более ранних этапах процесса проектирования, для определения требований к HSI's.

*Обзор опыта эксплуатации.* Исходные данные для проектирования HSI's содержат уроки, извлеченные из других сложных систем «человек-система», включая предшествующие проекты конструкций и систем, использующих аналогичную технологию HSI.

*Анализ функциональных требований и распределения функций.* HSI's поддерживают выполнение персоналом своих функциональных обязанностей на АЭС, например, соответствующие уровни ручного управления и автоматизации.

*Анализ рабочих заданий.* Набор требований для поддержки роли персонала обеспечивается анализом рабочих заданий, который определяет:

- рабочие задания, необходимые для управления установкой в диапазоне рабочих условий от нормальных до аварийных;

- подробную информацию и требования к СОИ и органам управления (например, требования к дальности отображения, точности, прецизионности и единицам измерения);

- требования к средствам поддержки при выполнении рабочего задания (например, специальные требования к освещению и вентиляции);

- важные действия человека, которым следует уделять особое внимание в процессе проектирования HSI's.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	52
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

*Анализ нормативной численности и квалификации персонала.* Результаты анализа нормативной численности и квалификации персонала обеспечивают исходные данные для принятия решения о планировании пунктов управления и распределении элементов управления и СОИ для отдельных консолей, панелей и рабочих станций. Анализ нормативной численности и квалификации персонала устанавливает основу для минимального и максимального количества персонала, подлежащего размещению, а также требования к координации действий между ними.

*Системные требования.* ЭО определяет любые ограничения по конструкции HSI, налагаемые общей системой АСУТП АЭС, например, ограничения на информацию, которая может быть представлена из-за доступности конкретных датчиков измерения.

#### Нормативные требования

ЭО применяет нормативные требования в качестве исходных данных для процесса проектирования HSIs.

Концепция использования HSIs разработана с указанием функций и обязанностей оперативного персонала на основе предполагаемой его численности. Концепция использования:

- предоставляет общее описание того, как персонал будет работать с ресурсами HSIs;
- решает вопросы координации действий персонала, таких как взаимодействие с операторами за пределами БПУ и координация персонала технического обслуживания и эксплуатации.

Концепция использования HSIs включает распределение рабочих заданий между БПУ и местными постами управления, будет ли персонал выполнять задания на одном большом автоматизированном рабочем месте (АРМ) или на отдельных АРМ, к какому типу информации будут иметь доступ отдельные операторы смены, какие типы информации будут отображаться для всей смены.

ЭО предоставляет обзор HSIs, охватывающий технические основы, демонстрирующие, что они представляют собой современные принципы проектирования HSIs, обеспечивая надежную и эффективную работу персонала. Эти основы включают в себя анализ опыта эксплуатации и литературы, анализ

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	53
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

компромиссных решений, одновременно рассматривающий несколько альтернатив, а также инженерные испытания и оценки. Обзор содержит описание:

- схем размещения оборудования, включая АРМ, большие экраны для отображения информации и штатные рабочие места персонала;
- ключевых ресурсов HSI и их функциональные возможности, такие как технологическая и аварийная сигнализация, СОИ, элементы управления, компьютеризированные процедуры и другие средства поддержки и помощи;
- технологий для поддержки командной работы и коммуникации на БПУ и между БПУ, РПУ, ЦТП и МПУ;
- ответственности смены за мониторинг, взаимодействие и дублирование автоматических систем, а также за взаимодействие с системами компьютеризированных процедур и другими компьютеризированными системами поддержки операторов.

ЭО использует руководства (набор стандартов) HFE по стилю построения HSI. Данные руководства охватывают область применения HSI, включенных в проект, их конструкцию, функции и работу, а также условия окружающей среды, в которых они будут использоваться, имеющие отношение к деятельности человека.

Методические указания и рекомендации в руководствах по стилю построения HSI разрабатываются на основе общего руководства HFE и анализов, связанных с проектом HSI, отражая проектные решения ЭО конкретных задач разработки HSI. Анализы, связанные с проектированием HSI, включают анализ текущей отраслевой практики и опыта эксплуатации, современной литературы, анализ альтернативных решений, а также результаты инженерных испытаний и оценок.

Отдельные рекомендации и указания в области HFE в руководствах ЭО по стилю построения HSI четко выражены и понятно описаны наблюдаемыми характеристиками HSI, такими как «Аварийные сигналы отображаются красным цветом». Рекомендации и указания в руководствах по стилю построения HSI достаточно подробны для разработки согласованных, поддающихся проверке проектов, и соответствуют методическим рекомендациям и указаниям в области HFE.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	54
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Руководства по стилю построения HSIс содержат процедуры для определения, где и как руководство в области HFE будет использоваться в общем процессе проектирования. Тексты дополняются графическими примерами, рисунками и таблицами для облегчения понимания разработчиками.

ЭО поддерживает руководства по стилю построения HSIс, которые легкодоступны и могут использоваться разработчиками для решения своих задач, и которые легко изменяются и обновляются по мере развития проекта. Руководства по стилю построения HSIс включают в себя ссылки на документы, на которых они основаны.

Для важных действий человека проект HSI ЭО призван минимизировать вероятность возникновения ошибок и максимизировать вероятность обнаружения любой допущенной ошибки.

Расположение HSIс на консолях, панелях и АРМ основывается на (1) анализе роли персонала (анализ рабочих заданий) и (2) систематических подходов к организации рабочих мест, таких как расположение элементов по важности, а также по частоте и последовательности использования.

HSIс разрабатываются для поддержки инспекций, технического обслуживания, испытаний и ремонта (1) оборудования станции и (2) HSIс. HSIс проектируются таким образом, чтобы проверки, обслуживание, испытания и ремонт HSIс не мешали другим видам деятельности по контролю за работой АЭС (например, бирки технического обслуживания не должны мешать считыванию операторами показаний систем и оборудования АЭС).

Проект HSIс ЭО поддерживает выполнение задач персонала в условиях минимальной, типичной и высокой или максимальной численности персонала.

Минимальный штат сотрудников определяется Технологическим регламентом станции. Типичное штатное расписание это количество персонала, которое указывается и используется ЭО для повседневной эксплуатации установки. Максимальная численность персонала включает в себя дополнительный персонал для ликвидации аварийных ситуаций.

Процесс проектирования учитывает использование HSIс в течение смены, когда снижение показателей деятельности человека из-за усталости может быть проблемой (например, испытания на тренажере позволяют оценить усталость

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	55
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

операторов, вызванную использованием сенсорных экранов в течение длительного времени).

Характеристики HSI поддерживают деятельность человека в полном диапазоне условий окружающей среды, от нормальных до вероятных экстремальных условий, таких как потеря освещения и вентиляции. HFE аспекты проектирования РПУ и МПУ учитывают окружающую среду (например, шум, температура, радиоактивное загрязнение), а также необходимость и тип защитной одежды (учитывается влияние, которое защитная одежда может оказывать на выполнение рабочих заданий; например, защитные перчатки могут усложнить выполнение задач, требующих ловкости рук, и увеличить время, необходимое для их выполнения).

ЭО определяет, каким образом на действующей установке:

- модернизируются и обновляются HSI;
- проводятся временные изменения HSI (например, изменение заданных значений/уставок);
- создаются персональные HSI (например, временные СОИ, которые персонал определяет для мониторинга конкретной ситуации).

При рассмотрении HFE-аспектов модернизации станции учитываются следующие соображения:

- модернизированные и новые HSI разрабатываются в соответствии с руководствами по стилю построения, которые использовались для существующих HSI, чтобы персонал имел сходный интерфейс для нового и старого оборудования;

- модернизированные HSI разрабатываются, насколько это возможно, в соответствии с существующими стратегиями пользователей по сбору и обработке информации и выполнению действий, которые определены в анализе рабочих заданиях. Согласованность с существующими стратегиями позволяет снизить потребность в обучении новым навыкам при использовании модернизированных HSI и, следовательно, уменьшить вероятность ошибок;

- если есть изменения в степени интеграции между системами АЭС, ЭО проверяет, что HSI поддерживают персонал в обеспечении контроля этих

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	56
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

изменений. Дизайн HSIs должен разумно гарантировать, что взаимосвязи между системами предприятия изображены четко и точно.

### 18.8.2 Блочный пункт управления

Аспекты HFE включены в проект блочного пункта управления (БПУ) для действий персонала в нормальных, нештатных и аварийных режимах эксплуатации АЭС.

*Система представления параметров безопасности.* ЭО описывает систему представления параметров безопасности (СППБ) на БПУ, рассмотрев следующие аспекты:

- определение критических функций безопасности (КФБ), необходимых для удовлетворения требования к СППБ, включая контроль и управление реактивностью, охлаждение активной зоны реактора и теплоотвод, целостность первого контура, целостность защитной оболочки, и контроль радиоактивности;

- определение параметров, которые персонал будет использовать для мониторинга каждой КФБ. Параметры станции, необходимые персоналу для мониторинга каждой КФБ, а также средства, с помощью которых данные систем и оборудования станции синтезируются, объединяются или иным образом оцениваются для предоставления информации в СОИ СППБ;

- оценка HSIs СППБ. ЭО проверяет, соответствуют ли HSIs СППБ приемлемым методам HFE, используя, например, NUREG-0700 и другие методические рекомендации и указания по HFE СППБ.

*Индикация блокировки и неработоспособного состояния.* ЭО описывает, как HSIs обеспечивают автоматическую индикацию блокировки и неработоспособного состояния функций безопасности, а также систем, приводимых в действие или контролируемых функцией безопасности. ЭО учитывает следующие указания, относящиеся к отображению блокировки и неработоспособного состояния систем безопасности:

- необходимо, чтобы индикация состояния систем безопасности присутствовала на БПУ;

- необходимо, чтобы административные процедуры дополнялись системой автоматической индикации, которая показывает для каждой

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	57
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

затронутой системы или подсистемы безопасности ее блокировку или неумышленно вызванную неработоспособность функции безопасности, а также систем, которые она активирует или контролирует;

- следует принять меры, позволяющие эксплуатационному персоналу подтвердить, что заблокированная функция безопасности была должным образом возвращена в эксплуатацию;

- необходимо, чтобы функции оповещения для отказов систем и автоматических действий по тестированию или самодиагностике возможностей компьютеризированных систем безопасности, соответствовали предыдущим указаниям;

- система индикации для блокировки и неработоспособного состояния должна включать возможность обеспечения своего рабочего состояния во время нормальной работы станции в той степени, в которой функции индикации и оповещения могут быть проверены;

- индикаторы состояния блокировки и неработоспособного состояния располагаются таким образом, чтобы персонал мог определить, разрешено ли продолжать работу реактора;

- пункт управления всех энергоблоков получает индикацию о блокировке для их общих функций систем безопасности.

*Мониторинг положения разгрузочных и предохранительных клапанов.* ЭО описывает, как HSI's указывают положение разгрузочных и предохранительных клапанов (открыты или закрыты) на пункте управления.

*Ручное управление питательной водой.* ЭО описывает, как HSI's обеспечивают автоматический и ручной запуск аварийной системы питательной воды и указывают расход аварийной питательной воды на пункте управления.

*Мониторинг защитной оболочки.* ЭО описывает, как HSI's пункта управления (технологическая и аварийная сигнализация, СОИ) информируют персонал: (А) о давлении под гермооболочкой; (В) об уровне воды в гермооболочке; (С) о концентрации водорода в защитной оболочке; (D) об интенсивности излучения в защитной оболочке (высокий уровень); а также (Е) о выбросах благородного газа для всех потенциальных мест в случае аварийной ситуации.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	58
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

*Охлаждение активной зоны.* ЭО описывает, как HSIIs обеспечивают однозначную индикацию ненадлежащего охлаждения активной зоны, например, с помощью измерителей насыщения в первом контуре реактора, а также подходящей комбинации технологической и аварийной сигнализации от индикаторов уровня теплоносителя в корпусе реактора и термопар в активной зоне ВВЭР.

*Мониторинг после аварии.* ЭО описывает, как HSIIs обеспечивают мониторинг состояния станции и окружающей среды после аварии, включая повреждение активной зоны.

*Вспомогательный (аварийный) отвод тепла.* ЭО описывает, как могут быть предприняты необходимые автоматические и ручные действия для обеспечения надлежащего функционирования вспомогательных (аварийных) систем отвода тепла от парогенераторов (ПГ), когда основная система питательной воды не работает.

*Мониторинг уровня теплоносителя в реакторе.* ЭО описывает, как HSIIs предоставляют записи об уровне теплоносителя в корпусе реактора, отвечающие обычным требованиям регистрации показаний после аварии.

*Контроль протечек.* ЭО описывает, как HSIIs обеспечивают контроль и обнаружение протечек за пределами защитной оболочки, которые содержат (или могут содержать) радиоактивные материалы после аварии.

*Мониторинг радиоактивности.* ЭО описывает, как HSIIs обеспечивают надлежащий мониторинг радиационной обстановки на станции и радиоактивности в воздухе в широком диапазоне обычных и аварийных условий.

*Ручное инициирование защитных действий.* ЭО описывает, как HSIIs поддерживают ручное инициирование защитных действий на системном уровне для систем безопасности, в противном случае иницилируемых автоматически.

*Разнообразие и защита в глубину.* ЭО описывает, как HSIIs предоставляют СОИ и элементы управления на БПУ для ручной и общесистемной активации критических функций безопасности, а также для мониторинга тех параметров, которые их поддерживают. Эти СОИ и элементы управления независимы и отличны от систем управления АЭС в штатных режимах.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	59
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

*Важные действия человека.* ЭО описывает, как HSIIs предоставляют средства управления, СОИ и сигнализации, которые обеспечивают надежное выполнение идентифицированных важных действий человека.

*Система компьютеризированных процедур.* Компьютеризированные процедуры ЭО соответствуют методическим рекомендациям и указаниям по разработке системы компьютеризированных процедур.

#### Резервный пункт управления (РПУ)

ЭО описывает, как HSIIs обеспечивают проектную возможность для дистанционного останова реактора за пределами БПУ с использованием резервного пункта управления, насколько HSIIs на РПУ соответствуют тем, которые находятся на БПУ.

#### Местные посты управления (МПУ)

ЭО описывает основу для принятия решений, в отношении того, какие HSIIs будут включены в БПУ, а какие представлены на местном уровне.

ЭО описывает, как аспекты HFE включены в проект HSIIs МПУ, чтобы гарантировать, что они соответствуют тем, которые реализованы на БПУ, и что персонал легко понимает и использует эти HSIIs.

### **18.8.3 Центр технической поддержки**

Аспекты HFE включены в проект Центра технической поддержки (ЦТП), и учитывают как эксплуатационный, так и технический обслуживающий персонал.

ЭО описывает, как HSIIs предоставляют персоналу информацию, необходимую для:

- анализа стационарного и динамического поведения станции до и во время аварии, чтобы персонал ЦТП мог консультировать операторов БПУ в ходе управления АЭС в аварийной ситуации и в процессе смягчения последствий аварии, не вмешиваясь в деятельность на БПУ;
- выполнения необходимых функций по контролю условий среды и радиологическому мониторингу пункта управления противоаварийными действиями (ПУПД), когда он не работает;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	60
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- оказания технической поддержки персоналу во время восстановительных работ после чрезвычайной ситуации;

- обеспечения надежными средствами голосовой коммуникации с БПУ, с пунктом управления противоаварийными действиями (ПУПД), с центром регулирующего органа, а также с государственными и местными диспетчерскими центрами.

ЭО описывает, как HSIс предоставляют персоналу информацию, необходимую для:

- определения установившихся условий эксплуатации станции до аварии;
- установления переходных условий, порождающих исходное событие;
- измерения динамического поведения систем АЭС на протяжении аварии;
- анализа последовательности аварии;
- принятия решения о соответствующих смягчающих действиях;
- оценки степени любого ущерба;
- оценки состояния станции во время восстановительных работ.

ЭО описывает, как HSIс обеспечивают СППБ, которая повторяет СППБ БПУ (для улучшения обмена информацией с персоналом БПУ и ПУПД). Если СППБ на БПУ состоит из нескольких дисплеев, то на ЦТП также следует предусмотреть несколько дисплеев.

ЭО описывает, каким образом HSIс обеспечивают, как минимум, набор переменных и параметров, указанных в нормативных руководствах для СППБ, ПУПД или для передачи за пределы площадки АЭС.

ЭО описывает, как HSIс позволяют всему персоналу ЦТП выполнять поставленные перед ним задачи с беспрепятственным доступом к буквенно-цифровым и/или графическим отображениям:

- переменных систем АЭС;
- переменных радиационной обстановки на АЭС;
- метеорологической информации;
- информации по радиационной обстановке за пределами АЭС.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	61
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО описывает, как HSI's обеспечивают предоставление информации по трендам показателей и отображение изменений параметров по времени, которые дают персоналу ЦТП динамическое представление о состоянии станции в нештатных условиях эксплуатации.

ЭО описывает, как аспекты HFE были включены в проект ЦТП для обеспечения того, чтобы персонал легко понимал и использовал эти HSI's.

#### 18.8.4 Пункт управления противоаварийными действиями

Аспекты HFE включены в проект пункта управления противоаварийными действиями (ПУПД) для действий в чрезвычайных ситуациях с учетом как эксплуатационного, так и обслуживающего персонала.

ЭО описывает, как HSI's обеспечивают сбор, отображение и оценку всех радиологических, метеорологических данных, а также данных о системах АЭС, важных для определения защитных мероприятий за пределами площадки АЭС.

ЭО описывает, как HSI's непрерывно отображают мощность доз облучения и концентрации радиоактивности в воздухе внутри ПУПД, когда этот пункт управления используется во время чрезвычайной ситуации, включая технологическую и аварийную сигнализацию с уровнем срабатывания аварийных уставок, определенных для раннего предупреждения персонала ПУПД о неблагоприятных условиях, которые могут повлиять на возможность пребывания персонала на пункте управления.

ЭО описывает, как HSI's поддерживают надежную голосовую коммуникация с ЦТП, БПУ, центром регулирующего органа, а также государственными и местными службами реагирования на чрезвычайные ситуации.

ЭО описывает, как HSI's обеспечивают достаточными данными, чтобы оценить фактические и потенциальные последствия аварии для окружающей среды на площадке АЭС и за ее пределами, а также информацией об общем состоянии станции.

ЭО описывает, как HSI's обеспечивают радиологические, метеорологические и другие данные по окружающей среде для:

- оценки условий окружающей среды;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	62
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- координации радиационного мониторинга;
- рекомендаций по реализации планов действий в чрезвычайных ситуациях за пределами АЭС.

Данные ПУПД включают (1) данные датчиков показателей и (2) метеорологические переменные, указанные в нормативных документах.

ЭО описывает, как HSI's ПУПД предоставляют все данные, которые доступны для отображения на ЦТП, включая информацию, отправленную со станции в регулирующий орган.

ЭО описывает, как HSI's позволяют всему персоналу ПУПД выполнять возложенные на них задачи с беспрепятственным доступом к буквенно-цифровым и / или графическим отображениям:

- переменных систем АЭС;
- переменных радиационной обстановки на АЭС;
- метеорологической информации;
- информации по радиационной обстановке за пределами АЭС.

ЭО описывает, как HSI's предоставляют персоналу ПУПД необходимую информацию по трендам показателей и отображают изменение параметров по времени. СОИ располагаются таким образом, чтобы облегчить различным функциональным группам персонала на ПУПД получение этой информации.

ЭО описывает, как HSI's предоставляют СППБ для улучшения обмена информацией между БПУ и ЦТП. Если СППБ на БПУ содержит несколько дисплеев, их также следует представить на ПУПД.

ЭО описывает, как аспекты HFE включены в проект ПУПД, чтобы персонал мог легко понимать и использовать HSI's.

### 18.8.5 Ухудшение/частичная работоспособность АСУ ТП и HSI's

ЭО определяет:

- влияние отказов систем автоматике и ухудшения ее работоспособности на деятельность персонала и работу станции;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	63
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- значимые для аспектов HFE ухудшения работоспособности АСУТП (режимы отказов и частичной работоспособности АСУТП, которые могут отрицательно повлиять на использование персоналом HSI's для выполнения важных действий человека).

АСУТП состоит из четырех подсистем: датчики, мониторинг, автоматика и управление, а также средства коммуникации. Автоматика рассматривается отдельно из-за ее общеизвестных проблем с деятельностью человека и потенциального влияния на безопасность. Основное внимание уделяется значимому влиянию на HFE ухудшения работоспособности АСУТП. Примером может служить частичная работоспособность датчика, в результате чего СОВ на пульте управления заставляют персонал думать, что происходит нарушение процесса.

ЭО указывает технологическую и аварийную сигнализацию и другую информацию необходимую персоналу для своевременного обнаружения ухудшения работоспособности АСУТП и HSI's, а также определения степени ухудшения и значимости.

ЭО определяет все необходимые резервные системы, чтобы гарантировать, что важные задачи персонала могут быть выполнены при ухудшении работоспособности АСУТП и HSI's.

ЭО определяет необходимые компенсационные действия и вспомогательные процедуры, обеспечивающие эффективное управление персоналом АЭС при ухудшении работоспособности АСУТП и HSI's, а также переход на резервные системы.

### 18.8.6 Испытания и оценки интерфейсов "Человек-Система"

Испытания и оценки концепций и функций детального проектирования проводятся в процессе разработки HSI's для поддержки проектных решений. С этой целью применяются следующие типы испытаний и оценок:

- оценка компромиссных вариантов, которая включает в себя сравнение между вариантами проектирования, основанные на аспектах HFE, важных для успешного выполнения задачи;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	64
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- испытания на основе выполнения рабочих заданий, включающие оценку работы персонала (одна из них - субъективные мнения), для анализа вариантов разработки и приемлемости проекта.

*Оценка компромиссных вариантов.* При сравнении подходов к проектированию ЭО учитывает те аспекты человеческой деятельности, которые важны для выполнения рабочих заданий. ЭО принимает во внимание следующие факторы при разработке критериев, которые используются для выбора необходимого подхода к проектированию:

- требования к выполнению рабочих заданий персоналом;
- человеческие возможности и ограничения;
- требования к работе HSI системы;
- потребности в проверке и испытаниях;
- требования к обслуживанию;
- использование проверенных технологий и опыта эксплуатации предшествующих проектов.

Включение критериев выбора на основе деятельности человека помогает гарантировать, что дифференциальное влияние вариантов проектов на показатели деятельности человека может быть оценено наряду с другими соображениями. Так при анализе компромиссов между использованием мыши или сенсорного экрана в качестве устройства ввода с помощью компьютера, учитывается усталость, вызванная использованием устройства, и время, необходимое для выполнения действий с использованием каждого устройства.

ЭО указывает относительные преимущества альтернатив проекта и основу для выбранного подхода к проектированию.

*Испытания на основе выполнения рабочих заданий.* ЭО определяет конкретные цели испытаний. Испытания на основе выполнения рабочих заданий могут иметь много разных целей, таких как выбор между вариантами проектирования или проверка соответствия аспекта HSI критериям выполнения задания.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	65
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО использует общий подход к тестированию на основе цели (целей) испытания, описывая следующие возможные аспекты испытаний (зависит от конкретного типа испытаний):

- участники;
- испытательный стенд;
- конструктивные особенности или характеристики тестируемого HSI;
- используемые задания или сценарии;
- показатели эффективности выполнения;
- процедуры испытаний;
- анализ данных.

ЭО описывает выводы испытаний и их влияние на проектные решения.

При модернизации систем и оборудования станции ЭО рассматривает перечисленные выше аспекты HFE, а также следующие:

- степень, в которой модернизации HSI соответствуют существующим HSI пользователей, отчету по анализу безопасности и обязательствам в области HFE ЭО;
- степень, в которой модернизации HSI поддерживают координацию действий смены.

### 18.9 Разработка процедур

Процедуры (эксплуатационная документация) имеют важное значение для безопасности АЭС, поскольку они поддерживают и направляют взаимодействие персонала с системами станции и обеспечивают реагирование персонала на события, связанные со станцией.

ЭО своими силами или силами привлекаемых организаций, имеющих лицензии на данный вид деятельности, разрабатывает инструкции по эксплуатации оборудования и систем АЭС, а также выпускает комплект эксплуатационной документации для каждого рабочего места АЭС. В данный комплект входят как минимум:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	66
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- технологические схемы оборудования, обслуживаемого на данном рабочем месте;
- инструкции по эксплуатации оборудования и систем данного рабочего места;
- должностные инструкции по данному рабочему месту;
- оперативные журналы и другая оперативная документация, требуемая на данном рабочем месте.

Разработка процедур поддерживаться анализом, выполняемым в рамках разработки HSI's и программ обучения. Все три элемента программы HFE подвергаются общему процессу оценки, который проверяет совместную работу этих трех элементов для максимизации деятельности оператора. Для обеспечения полной интеграции и согласованности, единые рекомендации и указания в области HFE применяются к разработке HSI's, процедур и программ обучения, предоставляемых персоналу.

Вид деятельности по разработке процедур является неотъемлемой частью общей программы HFE. Разработка и реализация процедур основывается на общепринятых рекомендациях и указаниях HFE, а сами процедуры должны быть технически точными, всеобъемлющими, явными, простыми в использовании, проверенными и соответствующими нормативным требованиям.

ЭО разрабатывает общие технические требования (ОТТ), руководство для составителей процедур и полный набор станционных процедур.

Объем программы разработки процедур ЭО включает:

- общие технические требования (ОТТ) для аварийных процедур;
- эксплуатация АЭС и систем (включая режимы пуска, работа на мощности и останов реактора);
- испытания и техническое обслуживание;
- контрольные испытания;
- нештатные и аварийные режимы;
- реагирование на аварийную сигнализацию.

ЭО определяет основу для разработки процедур, которая включает:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	67
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- основы проектирования станции;
- системные технические требования и технологический регламент;
- результаты анализа рабочих заданий;
- важные действия человека;
- иницирующие события, которые должны быть рассмотрены в аварийных процедурах, в том числе те, которые представлены в основах проектирования;
- ОТТ для аварийных процедур;
- соответствующие аспекты НФЕ для процедур.

ЭО разрабатывает руководство для авторов процедур, чтобы установить процесс разработки технических процедур, являющихся полными, точными, последовательными, а также простыми для понимания и выполнения персоналом. Руководство для авторов процедур содержит:

- объективные критерии, чтобы процедуры, разработанные в соответствии с ними, были последовательными по структуре, стилю и содержанию;
- инструкции по содержанию и формату процедуры, включая написание шагов действий и указание приемлемых списков аббревиатуры, сокращений и терминов, которые будут использоваться.

ЭО использует данное руководство для всех процедур в рамках данного элемента программы НФЕ.

Процедуры ЭО содержат следующие элементы:

- заголовок и идентификационная информация, такая как номер, редакция и дата;
- заявление о применимости и цели;
- необходимые условия применения;
- меры предосторожности (включая предупреждения, предостережения и примечания);
- важные действия человека;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	68
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- ограничения и действия;
- критерии приемки;
- контрольные перечни (чек-листы);
- справочный материал.

ЭО разрабатывает основанные на симптомах ОТТ и аварийные процедуры с четко определенными начальными условиями.

При разработке процедур ЭО:

- убеждается, что процедуры правильные и могут быть выполнены персоналом станции. Всегда, когда это возможно, проверка включает пошаговое выполнение процедуры либо на полномасштабном тренажере, либо на оборудовании АЭС. Если такое пошаговое выполнение невозможно, используется "кабинетная" проверка;

- подтверждает использование процедур на тренажере интегрированной системы как часть вида деятельности «Верификация и валидация» программы HFE;

- при изменении процедур проверяет адекватность их содержания, формата и интеграции. Проводится валидация процедуры, когда изменение существенно меняет рабочие задания персонала, важные для безопасности станции. Валидация должна гарантировать, что процедуры правильно отражают характеристики модернизированной системы или оборудования станции и могут эффективно выполняться для эксплуатации или технического обслуживания станции.

Компьютеризированные процедуры согласовываются с рекомендациями и указаниями HSE в этой области (например, NUREG-0700).

ЭО имеет план для поддержания процедур и контроля их обновления. Изменения процедур интегрируются в полный набор процедур. Изменения в отдельных частях процедур не противоречат другим частям и не противоречат друг другу.

ЭО оценивает физические средства, с помощью которых персонал имеет доступ и использует процедуры, особенно во время эксплуатационных событий. Это относится как к печатным, так и к компьютеризированным процедурам,

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	69
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

хотя характер проблемных вопросов несколько различается в зависимости от их реализации (например, хранение процедур, удобство доступа оператора к надлежащим процедурам, а также размещении твердых копий процедур для использования на БПУ, РПУ, ЦТП, МПУ и ПУПД).

### 18.10 Разработка программ обучения

Обучение персонала станции важно для обеспечения безопасной и надежной работы АЭС. Программы обучения помогают обеспечить разумную уверенность в том, что персонал станции обладает знаниями, навыками и способностями для выполнения своих функций и обязанностей. Обучение основывается на систематическом анализе требований работ и заданий. Поэтому разработка учебной программы координируется с другими элементами программы HFE и является неотъемлемой частью общей программы HFE, реализуясь с применением общепринятых рекомендаций и указаний в области HFE.

ЭО разрабатывает системный подход к обучению персонала станции, который соответствует применимым методическим рекомендациям и нормативным требованиям. Системный подход включает следующие пять видов деятельности (см. рисунок 18.10.1):

- систематический анализ рабочих заданий и выполняемых персоналом работ;
- разработка учебных целей, полученных на основе анализа желаемых результатов после обучения;
- разработка и внедрение подготовки на основе целей обучения;
- оценка усвоения учебного материала персоналом в процессе обучения;
- оценка и пересмотр программ обучения на основе результатов деятельности обученного персонала в реальных условиях выполнения работ.

Результатом разработки программы обучения ЭО является комплексная программа обучения как для лицензированного, так и для нелицензированного персонала станции, отвечающая принятым нормативным требованиям.

Общий объем программы обучения включает:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	70
---	--	----

- категории персонала (например, старший оператор реактора), которому требуется обучение;
- конкретные режимы АЭС (нормальные, нештатные и аварийные);
- конкретные эксплуатационные виды деятельности (например, эксплуатация, техническое обслуживание, испытания и надзор);
- использование HSI (например, на БПУ, ПУПД, РПУ и МПУ).

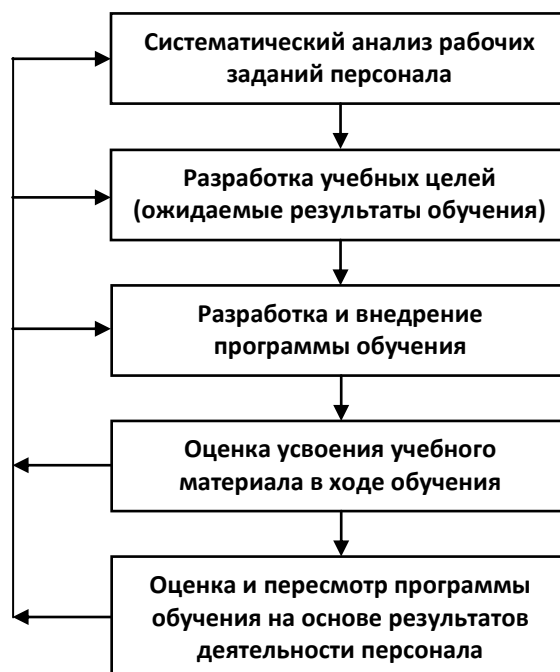


Рисунок 18.10.1 – Основные элементы системного подхода к обучению персонала АЭС

Программа обучения обеспечивает разумную уверенность в том, что персонал обладает квалификацией, соразмерной требованиям, предъявляемым к выполнению его работ. Обучение охватывает:

- полный спектр должностей эксплуатационного персонала, включая лицензированный и не лицензированный персонал, перечисленный в нормативных документах;
- полный спектр функций и систем станции, охватывающий и те, которые могут отличаться от функций на предшествующих станциях (например, пассивные системы и функции безопасности);

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- полный спектр соответствующих HSI's (например, БПУ, РПУ и МПУ), включая характеристики, которые могут отличаться от характеристик на предшествующих станциях (например, навигация в пространстве дисплея и работа с органами управления с помощью клавиатуры);

- полный диапазон режимов работы АЭС.

#### Организация обучения

ЭО определяет роль всех организаций в разработке требований к обучению, предоставлению источников информации и материалов для обучения, а затем в реализации программы обучения. Например, роль поставщика оборудования и систем может варьироваться от простого предоставления исходных материалов (например, ОТТ) до проведения отдельных программ обучения.

ЭО определяет квалификацию организаций и персонала, участвующих в разработке и проведении обучения.

ЭО определяет средства и ресурсы, необходимые для удовлетворения требований программы обучения, методических рекомендаций и нормативных требований, таких как наличие при обучении полномасштабного тренажера АЭС, с полным охватом и отработкой задач из практики персонала.

#### Цели обучения

ЭО извлекает цели обучения из анализа, описывающего требуемые показатели деятельности человека после подготовки. Этот анализ включает, но не ограничивается потребностями в обучении, которые определяются через следующие документы и виды деятельности:

- *Основы лицензирования.* Отчет по обоснованию безопасности (FSAR), руководства по описанию систем и эксплуатационные процедуры, лицензия на эксплуатацию АЭС, отчеты о событиях лицензиата и другие документы, определенные регулирующим органом как важные для обучения;

- *Анализ опыта эксплуатации.* Предыдущие недостатки обучения и проблемы эксплуатации, которые могут быть исправлены с помощью дополнительной или углубленной подготовки, а также положительные характеристики предыдущих программ обучения;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	72
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- *Анализ функциональных требований и распределения функций.* Функции определены в качестве новых или измененных, что требует пересмотра обучения персонала;

- *Анализ рабочих заданий.* Задания, идентифицированные во время анализа рабочих заданий в качестве источников особенных требований, в том числе новые или отличающиеся рабочие задания, а также задания, требующие высокой степени координации, высокой рабочей нагрузки или специальных навыков;

- *Анализ важных действий человека.* Координация отдельных функциональных обязанностей для уменьшения вероятности и/или последствий ошибки человека, связанной с выполнением важных действий человека, а также с использованием новейших технологий;

- *Проект HSI.* Конструктивные особенности, назначение интерфейса или его работа, которые могут отличаться от прошлого опыта или ожиданий персонала;

- *Станционные процедуры.* Задания, которые были призваны в качестве проблематичных при разработке процедур (например, шаги процедур, которые подверглись обширному пересмотру в результате опасений по поводу безопасности станции);

- *Верификация и валидация (V&V).* Проблемные вопросы обучения, выявленные во время V&V, в том числе проблемы удобства использования HSI, отмеченные во время валидации или верификации, а также проблемы с эффективностью работы персонала, выявленные в ходе валидационных испытаний (например, ошибочная диагностика событий на станции).

Цели обучения ЭО для подготовки персонала учитывают потребности в знаниях и навыках, а также характеристики всех соответствующих аспектов работы обучаемого, таких как взаимодействие с оборудованием и системами станции (HSIs), а также с другим персоналом. В таблице 18.10.1 представлены некоторые аспекты знаний и навыков, которые рассматриваются для определения целей обучения.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	73
---	--	----

Тема	Знания	Умение
<b>Взаимодействие систем и процессов на АЭС</b>	Понимание процессов, систем, пределов эксплуатации и режимов отказов	Навыки, связанные с мониторингом и обнаружением, пониманием ситуации, планированием реагирования и реализацией действий
<b>Взаимодействия HSIs и процедур</b>	Понимание структуры процедур и HSIs, функций, режимов отказов, а также задач управления HSIs (действия, ошибки и стратегии восстановления)	Навыки, связанные с задачами управления интерфейсами
<b>Взаимодействие персонала</b> (работающего на БПУ и на оборудовании станции)	Понимание информационных требований другого персонала; как действия должны быть скоординированы с другими; политики и ограничения по взаимодействиям персонала	Навыки, связанные с взаимодействием персонала (например, работа в команде)

Таблица 18.10.1 – Некоторые аспекты знаний и навыков, важных для определения целей обучения

#### Разработка программы обучения

ЭО определяет, каким образом цели обучения будут доведены до обучаемого, включая:

- использование лекций, тренажеров и обучения на рабочем месте для достижения определенных категорий учебных целей;
- конкретные условия и сценарии режимов АЭС для использования в учебных программах;
- реализация обучения, включая временной порядок и расписание курсов обучения.

ЭО при обучении операторов с использованием тренажера АЭС предоставляет подробную информацию о программе подготовки на тренажере, включая продолжительность подготовки и описание тренажера, в соответствии с нормативными положениями.

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

### Содержание учебной программы

В программе подготовки фактические знания преподаются с использованием реальных задач, чтобы персонал учился применять эти знания в рабочей обстановке. Контекст работы определяется и представляется реалистично, чтобы помочь слушателям связать эти знания с требованиями работы. Теория, рассматриваемая в ходе обучения, интегрирована с подготовкой, использующей процедуры.

При обучении навыкам они структурированы таким образом, чтобы условия подготовки соответствовали уровню навыков, которые должны быть усвоены. Эти условия также поддерживают усвоение навыков, позволяя обучаемым управлять когнитивными требованиями. Например, слушатели не погружаются в условия обучения навыкам высокого уровня, таким как координация действий по контролю и управлению персоналом смены, до того, как обучаемые не овладеют необходимыми навыками более низкого уровня, например, манипулирование органами управления.

В процессе обучения рассматриваются правила принятия решений для систем АЭС, HSIs и процедур. Они включают в себя правила получения и интерпретации информации, а также интерпретации симптомов отказов систем, HSIs и процедур. Это обучение охватывает усвоение новых правил принятия решений и искоренение существующих правил, которые не соответствуют проекту.

При обучении действиям при ухудшении работоспособности АСУ ТП и HSIs, подготовка персонала обеспечивает:

- понимание того, как и почему работоспособность подсистем АСУ ТП может ухудшаться, или может произойти их отказ;
- знание последствий снижения работоспособности HSIs для выполнения задач персонала;
- мониторинг работы подсистем АСУ ТП с целью обнаружения и понимания признаков ухудшения их работоспособности, используя HSIs пункта управления;
- выполнение восстановительных и компенсационных действий в случае ухудшения работоспособности АСУ ТП, например, с использованием процедур;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	75
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- плавный переход на резервные системы при необходимости;
- понимание того, как это повлияет на должностные обязанности персонала и способы использования АСУ ТП и HSI's.

#### Оценка и внесение изменений в обучение

ЭО определяет:

- методы оценки общей эффективности программ обучения и усвоения обучаемыми целей обучения, включая письменные и устные тесты и обзоры успеваемости, упражнения на тренажере и выполнение рабочих заданий;
- критерии оценки для целей обучения отдельных модулей подготовки;
- методы оценки общего уровня знаний и умений, согласованные с действующими регулирующими документами.

ЭО определяет методы для проверки точности и полноты учебных материалов обучающих курсов.

ЭО устанавливает процедуры для уточнения и обновления содержания и проведения обучения, включая процедуры отслеживания изменений в учебных курсах.

#### Периодическая переподготовка

Программа обучения ЭО содержит положения о периодической переподготовке персонала.

ЭО оценивает, являются ли какие-либо изменения в переподготовке обоснованными после проведения программ по модернизации систем и оборудования станции.

### **18.11 Верификация и валидация НФЕ аспектов проекта**

#### **18.11.1 Общие вопросы анализа проектных решений**

Эксплуатирующая организация своими силами и/или силами привлекаемых организаций, имеющих лицензии на данный вид деятельности принимает участие в анализе проекта АЭС с точки зрения его соответствия требованиям к минимизации влияния человеческого фактора на безопасность и надежность эксплуатации атомной электростанции.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	76
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

При анализе проекта АЭС особое внимание уделяется следующим вопросам, касающимся влияния ЧФ на безопасность эксплуатации АЭС:

- проектные решения облегчают работу персонала АЭС и способствуют выполнению ими оптимальных действий в режимах нормальной эксплуатации, нарушений нормальной эксплуатации и авариях;

- проектные решения предполагают оптимальный человеко-машинный интерфейс, конструирование которого учитывает нагрузку на персонал АЭС, обусловленную необходимостью принятия решений и выполнению необходимого числа действий по реализации этих решений;

- проектные решения определяют необходимый и достаточный объем информации, чтобы позволять персоналу АЭС:

- 1) выполнять действия в режимах нормальной эксплуатации, нарушений нормальной эксплуатации и авариях;

- 2) оперативно и адекватно оценивать общее состояние систем и оборудования АС в режимах нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации и авариях;

- 3) контролировать состояние реакторной установки и активной зоны реактора во всех режимах эксплуатации;

- 4) оперативно и адекватно выявлять важные для безопасности изменения состояния систем и оборудования АС;

- 5) дублировать, при необходимости, выполнение действий автоматики направленные на обеспечение безопасности при отказе срабатывания автоматики;

- 6) убеждаться, что действия оператора или автоматики, направленные на обеспечение безопасности, привели к желаемому результату.

Вместе с тем, объем информации передаваемый оператору должен быть по возможности минимизирован и должен исключать дублирование представления параметров в одной зоне представления информации.

Рабочие зоны персонала АЭС должны быть спроектированы в соответствии с требованиями эргономики так, чтобы обеспечивать надежное и эффективное выполнение персоналом АЭС своих задач. Данное требование

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	77
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

следует относить и к резервным и местным пунктам управления оборудованием и системами АЭС.

Необходимость срочных, а, следовательно, недостаточно продуманных действий оператора, следует сводить к минимуму. Такие действия проектными решениями предусматриваются к выполнению автоматикой.

Проектные решения направлены на минимизацию чувствительности систем и оборудования АЭС на ошибочные действия персонала АЭС. Для этих целей устанавливается приоритет между действиями оператора и автоматики. Действия оператора при выводе из работы автоматики (например, при ликвидации запроектных аварий) предусматривают некую последовательность и коллективность действий, исключаящую единоличное принятие решений, а также обеспечивающую контроль за этими действиями.

Проектные решения предусматривают достаточные и надежные средства связи. Расположение и состав пунктов связи позволяет персоналу АЭС оперативно и адекватно получать и передавать информацию. Средства связи спроектированы так, чтобы обеспечивалась их работоспособность во всех режимах эксплуатации АЭС, включая аварийные режимы.

Проектными решениями необходимо предусматривать создание комфортного микроклимата на рабочих местах персонала АЭС, а также, по возможности, на путях периодических обходов персоналом АЭС оборудования и территории АЭС.

### 18.11.2 Основные стадии программы верификации и валидации

Результаты верификации и валидации (V&V) всесторонне определяют, насколько HFE аспекты проекта соответствуют рекомендациям и указаниям HFE в области проектирования, а также позволяют персоналу станции успешно выполнять свои задачи для обеспечения целей безопасности и эксплуатации АЭС. Данный элемент программы HFE проводится, согласно нормативным документам (например, ГОСТ Р ИСО 11064), на протяжении всего процесса проектирования и состоит из четырех основных видов деятельности: отбор условий выполнения работ, верификация проекта, валидация интегрированной системы и устранение несоответствий в области HFE (см. рисунок 18.11.2.1).

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	78
---	--	----

*Отбор условий выполнения работ* для обеспечения проведения V&V важен потому, что анализы новых АЭС и значительных модернизаций HSI могут включать в себя сотни или тысячи отдельных HSI, и все их рассматривать нецелесообразно и не следует. Поэтому ЭО использует подход к отбору условий выполнения работ для руководства при выборе HSI для проверки.



Рисунок 18.11.2.1 – Общая схема видов деятельности по верификации и валидации.

Опись и характеристики HSI ЭО точно представляют все СОИ, средства управления HSI и связанные с ними оборудование, которые находятся в пределах объема, определенного при выборке условий деятельности человека.

*Верификация проекта* включает в себя два типа проверки: верификация средств HSI для поддержки выполнения рабочих заданий и верификация HFE аспектов разработки. Первый тип представляет собой оценку с целью проверки того, что HSI отвечает требованиям выполняемых персоналом задач, которые были определены в анализе рабочих заданий. Несоответствия в области HFE определяются для (1) требований к выполнению заданий персоналом, которые HSI не полностью поддерживают, и (2) наличия HSI, которые могут не понадобиться для поддержки выполнения заданий персоналом. Второй тип

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

проверки (верификация HFE аспектов проекта), представляет собой оценку того, что HSI разработаны с учетом возможностей и ограничений человека, как это отражено в рекомендациях и указаниях HFE. Несоответствия в области HFE идентифицируются, если проект не соответствует им.

*Валидация интегрированной системы* представляет собой оценку с использованием испытаний, основанных на выполнении реальной деятельности, с целью определить, соответствует ли проект интегрированной системы (т.е., аппаратные средства, процедуры и задействованный обученный персонал) требованиям выполнения работ, поддерживая безопасную работу АЭС. Несоответствия в области HFE идентифицируются, если критерии выполнения работ не соблюдены.

ЭО убеждается с помощью проведения валидационных испытаний при выполнении реальной деятельности на основе проекта интегрированной системы (т.е., аппаратных средств, программного обеспечения, процедур и подготовленного персонала), что разработка обеспечивает безопасную эксплуатацию АЭС.

*Устранение несоответствий в области HFE* представляет собой анализ, обеспечивающий разумную уверенность в том, что несоответствия в области HFE, идентифицированные во время V&V, были оценены и устранены. Устранение несоответствий в области HFE выполняется на итеративной основе при проведении V&V (проблемные вопросы, выявленные в ходе одних проверок или испытаний по V&V проекта, рассматриваются и разрешаются прежде, чем выполняются следующие проверки и испытания по V&V). Принята следующая штатная последовательность видов деятельности по V&V: верификация средств HSI для поддержки выполнения заданий, верификация HFE аспектов проекта и валидация интегрированной системы.

ЭО анализирует выявленные несоответствия в области HFE с целью: (1) определения целесообразности их корректировки, (2) разработки проектных решения для несоответствий в области HFE, которые требуют устранения, и (3) выполнения проверки реализации этих проектных решений по устранению несоответствий в области HFE.

ЭО разрабатывает краткий отчет (RSR) по результатам V&V, который содержит полную методологию проведения V&V, включая:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	80
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- перечень HSIs, разработанный для описания их характеристик;
- критерии, которые используются для верификации средств поддержки выполнения заданий и верификации HFE аспектов проекта;
- полный набор подробных сценариев для валидации интегрированной системы (и как они были определены с помощью выборки условий выполнения работ), показатели выполнения работ и критерии приемки;
- методы, с помощью которых оцениваются несоответствия в области HFE.

Краткий отчет ЭО по результатам проведения V&V имеет следующую структуру:

- описание методологии проведения V&V;
- описание результатов верификации средств поддержки выполнения заданий и верификации HFE аспектов проекта;
- подробную информацию о результатах валидации интегрированной системы, включая выводы о том, как валидация демонстрирует способность системы безопасно эксплуатировать станцию;
- перечень несоответствий в области HFE, подготовленный на основании результатов V&V, их оценка и меры по устранению.

### 18.11.2.1 Выборка условий выполнения работ

Данный вид деятельности идентифицирует выборку условий выполнения работ, которая (1) включает условия, представляющие диапазон событий, которые могут возникнуть во время эксплуатации станции, (2) отражает характеристики, которые, как ожидается, будут способствовать изменениям в работе систем, а также (3) учитывает значение HSIs для обеспечения безопасности. Данные характеристики выборки определяются с использованием стратегии многомерной выборки (с учетом нескольких признаков), чтобы разумно гарантировать, что оценки V&V включают вариации по важным переменным.

Методология построения выборки определяет диапазон условий выполнения работ для руководства при проведении верификации средств

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	81
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

поддержки выполнения заданий, верификации HFE аспектов проекта и валидации интегрированной системы.

### 18.11.2.1.1 Переменные выборки

К переменным выборки относятся условия выполнения работ на АЭС, рабочие задания персонала, а также ситуационные факторы, которые влияют на деятельность персонала.

ЭО учитывает при рассмотрении следующие условия выполнения работ.

*События в процессе нормальных режимов эксплуатации* (включая пуск, останов или перегрузку топлива, а также значительные изменения в мощности реактора).

*Отказы АСУ ТП и HSI, ухудшение их работоспособности, охватывающие:*

- АСУ ТП, включающую в себя подсистемы датчиков, мониторинга, автоматики и управления, а также средства коммуникации;
- отказ по общей причине АСУ ТП во время проектных аварий;
- HSI, включая потерю возможностей обработки или отображения для технологической и аварийной сигнализации, СОИ, элементов управления и компьютеризированных процедур.

*Переходные процессы и аварийные ситуации*, такие как:

- переходные процессы (например, отключение турбины, потеря внешнего питания, обесточивание АЭС, потеря всей питательной воды, потеря технической воды, потеря питания на отдельные шины или источников питания БПУ, а также переходные процессы со срабатыванием предохранительных / разгрузочных клапанов);
- аварийные ситуации (например, обрыв главного паропровода, добавление положительной реактивности, ввод регулирующих стержней СУЗ при подаче питания, выброс регулирующих стержней СУЗ, ожидаемые переходные процессы без аварийного останова реактора и аварии с потерей теплоносителя различной тяжести);
- останов реактора и его охлаждение с использованием резервного пункта управления (РПУ);

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	82
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- разумные, значимые с точки зрения риска запроектные события, которые следует определить на основании PRA для конкретной станции.

ЭО учитывает следующие типы рабочих заданий для персонала.

*Важные для безопасности действия человека, а также системы и последовательности развития аварий.* В выборку включены все важные действий человека, согласно анализу важных действий человека. Дополнительные факторы, которые сильно влияют на риск, как определено в PRA, также отобраны:

- доминирующие последовательности развития аварий;
- доминирующие системы (отобранные с помощью показателей важности PRA, такие как цена возрастания риска или цена уменьшения риска).

*Ручное инициирование защитных действий.* Выборка включает ручную активацию на системном уровне критических функций безопасности.

*Мониторинг систем автоматики.* В выборку входят ситуации, в которых персонал должен следить за важной, с точки зрения риска, системой автоматики.

*Проблемные задания, выявленные анализом опыта эксплуатации.* В выборку включены все задания, выполняемые персоналом, которые были определены как проблемные в ходе рассмотрения опыта эксплуатации.

*Диапазон заданий, управляемых процедурами.* Выборка включает задания, которые четко определены процедурами. Персонал должен понимать и уметь выполнять указанные в процедурах шаги как часть процесса принятия решений на основе правил. Выборка включает соответствующие процедуры в каждой категории:

- административные процедуры;
- общие процедуры по эксплуатации АЭС;
- процедуры запуска, эксплуатации и отключения систем, связанных с безопасностью;
- процедуры для нештатных и аварийных режимов;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	83
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- процедуры по борьбе с чрезвычайными ситуациями и другими значимыми событиями (например, аварии реактора и объявление уровней действий в чрезвычайной ситуации);
- процедуры контроля радиоактивности;
- процедуры контроля оборудования АСУ ТП, проведения надзорных испытаний и методов обследования, а также выполнения калибровки;
- процедуры выполнения технического обслуживания;
- процедуры химического и радиохимического контроля.

*Диапазон задач, основанных на знаниях.* Выборка включает в себя рабочие задания, которые не определены в подробных процедурах. Ситуация может потребовать принятия решений на основе знаний, если процедурные правила не полностью решают проблему или когда выбор соответствующего правила неясен. Примером может служить сложность диагностики разрыва трубки парогенератора с неисправностью датчиков радиационного контроля по второму контура ядерного реактора. Это происходит потому, что (1) отсутствуют главные признаки разрыва (наличие данных по радиации во втором контуре), а (2) другие следствия разрыва (например, слабые изменения давления и уровня в первом и втором контурах) могут быть отнесены к другим причинам. Хотя операторы могут использовать процедуры для рассмотрения симптомов события, определение того, что причиной является разрыв трубки парогенератора, может потребовать анализа ситуации, основанной на понимании конструкции станции и возможных комбинаций отказов, которые влекут за собой наблюдаемые симптомы. Ошибки в принятии решений на основе правил возникают в результате выбора неправильного правила или неправильного применения правила. Ошибки в принятии решений на основе знаний возникают в результате ошибок в когнитивных функциях более высокого уровня, таких как суждение, планирование, а также анализ. Последние чаще встречаются в событиях со сложными отказами, при которых симптомы не совпадают с типичной ситуацией и, следовательно, не поддаются заранее установленным правилам.

*Диапазон познавательной деятельности человека.* Выборка содержит диапазон познавательной деятельности, которую выполняет персонал, включая:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	84
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- обнаружение и мониторинг (например, угроз критическим функциям безопасности);
- анализ ситуации (например, интерпретация сигнализации и СОИ для диагностики неисправностей в процессах станции, АСУТП и системах безопасности);
- планирование ответных мер (например, оценка альтернатив для восстановления после аварийной ситуации на станции);
- реализация ответных мер (например, переход на ручное управление с автоматизированных систем и выполнение сложных управляющих действий);
- получение обратной связи (например, информации об успешности предпринятых действий).

*Диапазон взаимодействий между персоналом.* Выборка содержит диапазон взаимодействий между персоналом станции, включая задания, выполняемые отдельными операторами смены, а также задания, выполняемые группой операторов. Эти взаимодействия между персоналом станции включают в себя взаимодействия между:

- операторами БПУ (например, действия по эксплуатации, обходы при приеме-сдаче смены);
- операторами БПУ и операторами по обслуживанию оборудования с другим персоналом станции, выполняющим рабочие задания на местах (например, специалисты по техническому обслуживанию оборудования или АСУ ТП, специалисты по водно-химическим режимам);
- операторами БПУ и операторами ЦТП, ПУПД;
- операторами БПУ и руководством АЭС, регулирующим органом и другими внешними организациями.

Выборка условий выполнения работ включает ситуационные факторы или факторы, способствующие ошибкам, которые создают трудности деятельности человека. Также она включает ситуации, специально предназначенные для порождения ошибок человека, чтобы оценить устойчивость системы к ошибкам, а также способность персонала предпринимать восстановительные меры после любых ошибок, если они возникнут, например:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	85
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- *Ситуации с высокой рабочей нагрузкой.* В выборку включаются ситуации, в которых можно оценить изменения в деятельности человека из-за высокой рабочей нагрузки и многозадачности;

- *Ситуации с изменяющейся рабочей нагрузкой.* В выборку включаются ситуации, в которых можно определить изменения в деятельности человека из-за колебаний рабочей нагрузки. К ним относятся условия, при которых происходит: (1) внезапное увеличение количества технологической и аварийной сигнализации, которая должна быть обнаружена и обработана после длительного периода, когда частота срабатывания сигнализации была низкой, и (2) быстрое сокращение необходимости в обнаружении и интерпретации аварийной и предупредительной сигнализации после продолжительного периода выполнения задачи с высокой нагрузкой, вызванной частым срабатыванием сигнализации;

- *Ситуации, вызывающие усталость.* В максимально возможной степени в выборку включаются ситуации, которые могут быть связаны с утомлением, например, работа в вечернюю смену и задания, часто выполняемые с повторяющимися действиями, например, повторный ввод данных на сенсорный экран во время работы реактора или подъема стержней СУЗ;

- *Факторы окружающей среды.* В максимально возможной степени в выборку включаются условия окружающей среды, которые могут привести к изменению показателей деятельности человека, например, плохое освещение, экстремальные температуры, высокий уровень шума и моделируемое радиологическое загрязнение.

#### **18.11.2.1.2 Идентификация сценариев**

ЭО объединяет результаты выборочных исследований, чтобы определить набор сценариев V&V для проведения последующих анализов. Представленные сценарии могут сочетать в себе набор характеристик, выявленные путем выборки условий выполнения работ.

При подготовке набора сценария учитывается чрезмерное использование следующих сценариев, которые могут вести к искажению результатов:

- сценарии, для которых ожидаются только положительные результаты;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	86
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- сценарии, которые для проведения валидности интегрированной системы относительно просты в исполнении (т.е., не следует избегать сценариев просто потому, что они требуют организации и выполнения на тренажере);

- сценарии, которые для проведения валидности интегрированной системы являются знакомыми и хорошо структурированными (например, рассматривают знакомые системы и режимы отказов, весьма совместимые со стационарными процедурами, например, для "хрестоматийных" проектных аварий).

### 18.11.2.1.3 Определение сценариев

ЭО определяет условия выполнения работ и сценарии, которые будут использоваться для верификации средств поддержки выполнения заданий и валидации интегрированной системы. Разрабатываются подробные сценарии, подходящие для использования на полномасштабном тренажере. Уровень детализации сопоставим с тем, что можно включить в план испытаний. Для каждого из них определяется следующая информация, чтобы разумно гарантировать, что важные аспекты деятельности рассмотрены, и чтобы сценарии можно было точно и последовательно представлять для повторных испытаний:

- описание сценария и любой соответствующей предшествующей истории, необходимой для персонала, чтобы понять состояние станции при начале сценария;

- конкретные начальные условия (точное определение функций, процессов, систем, состояния компонентов и рабочих параметров ядерного реактора, аналогично тому, например, что происходит при сдаче-приеме смены);

- события (например, отказы), которые произойдут во время сценария, и их начальные условия, например, основанные на времени или значении определенного параметра;

- точное определение факторов на рабочем месте (например, условия окружающей среды, такие как низкий уровень освещенности);

- потребность в средствах поддержки выполнения заданий (например, процедуры и технологический регламента);

- уровень численности персонала;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	87
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- детали коммуникации для передачи информации между персоналом пункта управления и удаленным персоналом (например, с диспетчером энергосистемы по телефону);

- стандартные ответы специалистов по проведению испытаний, который будет действовать как персонал станции в ходе тестовых сценариев. Специалисты по проведению испытаний заменяют персонал за пределами пункта управления. В максимально возможной степени следует подготовить ответы на вопросы, которые могут быть заданы операторами, общающимися с персоналом за пределами пункта управления. Существуют ограничения в возможности спланировать такую коммуникацию, потому что персонал может задать непредусмотренные вопросы или сделать непредвиденные запросы. Однако следует приложить максимальные усилия, чтобы детализировать информацию, которую может предоставить персонал за пределами пункта управления, и записать ответы на возможные вопросы;

- точная спецификация того, какие данные по испытаниям, когда и как должны собираться и сохраняться (включая видеосъемку, анкетирование и получение ранговых оценок);

- точные спецификации по подготовке тренажера;

- конкретные критерии для прекращения выполнения сценария.

ЭО обеспечивает, чтобы сценарии реалистично повторяли задачи операторов при испытаниях, позволяя далее обобщать результаты испытаний для использования при реальной эксплуатации станции.

Сценарии включают работу, связанную с выполнением действий, удаленных от БПУ, с воздействием на деятельность персонала потенциально неблагоприятных условий (например, высокой радиации), которые реалистично моделируются (например, через дополнительное время для надевания защитной одежды, и доступ в зоны строгого режима, специально контролируемые с точки зрения радиационной защиты).

#### **18.11.2.1.4 Рассмотрение HFE аспектов модернизации систем и компонентов станции**

При проведении модернизации систем и оборудования станции ЭО дополнительно учитывает следующие аспекты:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	88
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- необходимо, чтобы условия выполнения работ отражали рабочие задания, связанные с модернизацией, а не весь спектр тем, обсуждаемых выше;

- необходимо, чтобы для валидации интегрированной системы условия выполнения работ включали перенос эффектов обучения знаниям и навыкам на деятельность персонала при изменении старого HSI или процедуры; отрицательный перенос усвоенных знаний и навыков может происходить, когда новые и старые компоненты различаются и предъявляют различные требования к персоналу;

- необходимо, чтобы для валидации интегрированной системы, когда старые и новые версии одних и тех же элементов интерфейсов "Человек-Система" постоянно присутствуют на рабочих местах, отличаясь разными средствами представления информации и методами работы, оценки разумно гарантировали, что персонал может альтернативно использовать эти HSI без снижения показателей деятельности;

- в тех случаях, когда старые элементы HSI должны быть исключены, но были оставлены на месте, необходимо определить условия для валидации интегрированной системы с целью проверки возможности их негативного влияния на выполнение рабочих заданий (например, присутствие исключенных элементов HSI может вызвать визуальные помехи, которые будут негативно влиять на способность персонала находить и использовать другие элементы HSI).

### 18.11.2.2 Верификации проекта

#### 18.11.2.2.1 Инвентаризация и описание характеристик HSI

Инвентаризация и характеристики HSI точно описывают все СОИ, средства управления и связанное с ним оборудование HSI, находящиеся в пределах объема, определенного при выборке условий выполнения работ.

ЭО документирует свой перечень HSI, дополнительно указывая средства, с помощью которых это делается.

*Область применения.* ЭО составляет перечень всех HSI, которые требуются персоналу для выполнения рабочих заданий, предусмотренных сценариями при проведении валидации, которые были определены в результате отбора условий выполнения работ. Опись включает аспекты HSI, используемые

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	89
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

для управления взаимодействием "Человек-Система" (навигация и извлечение информации), а также для управления системами и оборудованием АЭС.

*Характеристики HSI.* Описание содержит описание характеристик каждого HSI в объеме проведения верификации. Ниже приведен минимальный набор информации для определения характеристик:

- уникальный идентификационный числовой код или название;
- связанные с HSI система и подсистема станции;
- связанные с HSI функции и задачи персонала;
- тип HSI, например:
  - средство управления на базе ЭВМ (например, сенсорный экран или управление курсором, с помощью клавиатуры);
  - аппаратное средство управление (например, J-образный регулятор, кнопка и автоматический регулятор);
  - компьютерный дисплей (например, представление данных в цифровом и аналоговом виде);
  - аппаратное СОО (например, циферблат, манометр и ленточный самописец).
    - характеристики и функциональные возможности СОО (например, переменные / параметры станции, единицы измерения, точность переменной / параметра, точность отображения, динамический отклик, а также формат отображения, например, гистограмма или график тренда);
    - характеристики и функции управления (например, непрерывное или дискретное регулирование, количество и тип режимов управления, точность, прецизионность, динамический отклик и формат управления, метод ввода);
    - взаимодействие пользователя с системой и типы диалогов (например, средства навигации и меню);
    - локализация в системе управления данными (например, идентификационный код для экрана отображения информации);
    - физическое расположение в HSI (например, секция панели управления), если применимо.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	90
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО включает фотографии, скриншоты экранов дисплеев, или аналогичные образцы по описи и характеристикам HSI.

*Верификация описи HSI.* ЭО проверяет опись HSI, чтобы убедиться, что она точно отражает их текущее состояние.

#### **18.11.2.2 Верификация средств HSI для поддержки выполнения задач**

Верификация средств HSI для поддержки выполнения заданий направлена на проверку их наличия в соответствии с требованиями поддержки персонала при выполнении заданий. Цель экспертизы верификации средств HSI для поддержки выполнения заданий состоит в том, чтобы убедиться, что HSI предоставляют необходимую технологическую и аварийную сигнализацию, информацию от СОИ, элементы управления и средства поддержки для выполнения персоналом задач, определенных анализом рабочих заданий.

*Критерии верификации.* ЭО основывает критерии верификации средств HSI для поддержки выполнения задач на технологической и аварийной сигнализации, элементах управления, СОИ и средствах поддержки, которые необходимы персоналу для выполнения своих задач, как это определено анализом рабочих заданий.

*Общая методология.* ЭО сравнивает HSI и их характеристики (как определено в перечне и описании характеристик HSI), необходимые персоналу, согласно результатам анализа рабочих заданий, для определенной выборки условий выполнения работ.

*Идентификация несоответствий в области HFE.* ЭО идентифицирует и документирует несоответствия в области HFE, когда:

- HSI, необходимый для выполнения работ (например, необходимый элемент управления или СОИ), отсутствует или недоступен;
- характеристики HSI не соответствуют требованиям выполнения задачи персоналом (например, СОИ может отображать необходимый параметр станции, но не в пределах диапазона или точности, необходимых для выполнения задачи);
- имеются HSI, которые не требуются для выполнения какой-либо задачи; ненужные HSI создают помехи и могут отвлекать персонал от выбора подходящих элементов. Важно убедиться, что HSI является ненужным.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	91
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Соответствующие HSI могут оказаться ненужными для выполнения персоналом задач по следующим причинам:

- HSI важен для задачи, которую анализ рабочих заданий не рассматривал (т.е., данная задача не вошла в область применения проекта);
- анализ выполнения заданий был неполным, игнорируя необходимость HSI;
- HSI только частично отвечает установленным требованиям для выполнения персоналом задачи.

*Документирование несоответствий в области HFE.* ЭО документирует несоответствия в области HFE, определяя HSI, затронутые задачи и основание для идентификации несоответствия (какой аспект HSI был определен как не отвечающий требованиям задачи).

*Дополнительные методологические соображения для модернизации станции.* При рассмотрении модернизации систем и оборудования станции, ЭО дополнительно учитывает следующие аспекты:

- необходимо, чтобы верификация средств HSI для поддержки выполнения задач охватывала все аспекты HSI, описанные выше, имеющие отношения к модернизации. Для модернизации систем АЭС, которые не включают изменений HSI, верификация средств поддержки выполнения задач должна уделить особое внимание любым новым требованиям к мониторингу и управлению, а также оценить, насколько адекватно рассмотрен существующий проект HSI;

- необходимо, чтобы верификация средств HSI для поддержки выполнения задач охватывала конфигурации при изменениях, в которых старые HSI постоянно неактивны, но не удалены (например, оставлены на месте). HSI не должны содержать никакой информации, СОИ или элементов управления, которые не поддерживают выполнение персоналом его задачи. Эта верификация должна выявить неактивные HSI, которые могут негативно повлиять на деятельность персонала, например, затруднить просмотр важной информации или добавить визуальные помехи, которые могут ухудшить мониторинг. ЭО идентифицирует неактивные HSI, требующие дальнейшего анализа

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	92
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

посредством верификации аспектов HFE проекта или валидации интегрированной системы;

- верификация средств поддержки выполнения задач HSIs учитывает временные конфигурации HSIs и систем АЭС, которые могут быть созданы при проведении модернизации и используемые персоналом по эксплуатации и техническому обслуживанию, когда реактор не остановлен. Эти конфигурации могут включать в себя:

- использование HSIs, которые отличаются от предполагаемого окончательного проекта;
- комбинации HSIs и конфигураций систем, которые отличаются как от первоначального проекта, так и от предполагаемого окончательного проекта.

Для каждой временной конфигурации HSIs ЭО определяет и сравнивает требования заданий в отношении персонала с предоставляемой информацией и возможностями элементов управления HSIs. Например, если временная конфигурация систем АЭС вводит особые требования к мониторингу, HSIs должны предоставлять необходимую информацию.

### 18.11.2.2.3 Верификация HFE аспектов проекта

Верификация HFE аспектов проекта обращается к пригодности HSI с точки зрения возможностей и ограничений человек. Целью верификации HFE аспектов проекта является оценка соответствия проекта HSIs рекомендациям и указаниям в области HFE (например, руководствам по стилю построения интерфейсов).

*Критерии верификации.* ЭО основывает критерии, используемые для верификации HFE аспектов проекта, на рекомендациях и указаниях в области HFE (например, на разработанном ЭО руководстве по стилю построения HSI или NUREG-0700). ЭО определяет подмножество руководящих принципов, соответствующих конкретному проекту, на основе характеристик HSIs.

*Общая методология.* Методология верификации HFE аспектов проекта ЭО включает следующие аспекты:

- Инструкции для сравнения характеристик HSIs с руководящими принципами по HFE для (1) определенной выборки условий выполнения работ,

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	93
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

и (2) общих условий, в которых расположены HSIs, включая АРМ, пункты управления, и характеристики окружающей среды (например, освещение и шум). Один руководящий принцип может применяться ко многим HSIs. Проверая все HSIs в ходе идентифицированных сценариев для валидационных испытаний, можно оценить согласованность применения руководящих принципов для нескольких HSIs;

- Инструкции в отношении каждого руководящего принципа по HFE для определения, являются ли HSIs «приемлемыми» или «несоответствующими». В последнем случае это обозначается как несоответствие в области HFE, в дальнейшем отслеживается и оценивается. Суждение о том, что HSI является «приемлемым», приниматься только в том случае, если соответствие является полным, т.е., только в том случае, если каждый элемент HSI всегда полностью соответствует критериям, установленным в руководящих принципах по HFE. Если имеется какое-либо несоответствие, полное или частично, тогда следует дать оценку «несоответствия» и сделать запись о том, в каких случаях это происходит;

- Инструкции оценки того, является ли несоответствие в области HFE потенциальным индикатором дополнительных проблем. Например, идентификация неподходящего формата для представления данных на отдельном СОИ может рассматриваться как потенциальный признак того, что другие форматы отображения могут использоваться неправильно или что наблюдаемый формат используется не надлежащим образом в других местах. Далее стратегия выборки должна быть изменена, чтобы охватить другие форматы представления данных. В некоторых случаях обнаружение этих несоответствий потребует дальнейшего анализа в выявленных проблемных областях.

*Идентификация несоответствий в области HFE.* ЭО идентифицирует несоответствия в области HFE, если характеристика HSI «не соответствует» руководящим принципам.

*Документирование несоответствий в области HFE.* ЭО документирует несоответствия в области HFE с точки зрения вовлеченного HSI и того, как его характеристики отличаются от конкретного руководящего принципа.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	94
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

*Дополнительные соображения по рассмотрению HFE аспектов при модернизации станции.* В дополнение к вышеуказанным критериям, имеющим отношение к рассматриваемой модернизации, ЭО учитывает следующие аспекты:

- объем верификации HFE аспектов проекта может быть ограничен измененными интерфейсами и их взаимодействием с остальными HSIs;

- если присутствуют как старые, так и новые версии похожих HSIs, эта верификация должна дать разумную гарантию в том, что их средства предоставления данных и методы выполнения работ совместимы, так что деятельность персонала не будет ухудшаться при чередовании использования каждого из них;

- несоответствия в области HFE необходимо определить для следующих областей:

- неспособность обеспечить функционал, который был дополнительно определен персоналом к тому, что было указано разработчиками системы. Например, когда цифровая система заменяет существующую систему, важно обеспечить, чтобы были учтены все случаи использования прежней системы для задач эксплуатации, даже те, которые не были предусмотрены в первоначальном проекте. Проект заменяющей системы должен учитывать способы, которыми персонал фактически использовал прежнюю систему;

- плохая интеграция изменений с остальными элементами HSI;

- плохая интеграция с процедурами и программами обучения.

- необходимо проверить временные конфигурации HSIs и систем станции, которые могут использоваться эксплуатационным и обслуживающим персоналом, когда реактор не остановлен, чтобы убедиться, что они соответствуют принципам хорошего проектирования с точки зрения HFE, включая согласованность с остальными HSIs.

### 18.11.2.3 Валидация интегрированной системы

Цель валидации интегрированной системы заключается в подтверждении с помощью испытаний, основанных на выполнении работ, что проект

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	95
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

интегрированной системы (т.е., аппаратное и программное обеспечение, процедуры и подготовленный персонал) поддерживает безопасную эксплуатацию станции.

Сценарии для валидации интегрированной системы проводятся с использованием тренажера или с помощью другого подходящего способа моделирования системы, чтобы определить адекватность всего проекта целям обеспечения безопасности выполнения работ. Валидация проводится после разрешения всех значимых несоответствий в области HFE, выявленных в ходе анализа результатов верификации.

Применимость и область валидации интегрированной системы могут варьироваться при рассмотрении аспектов HFE при модернизации станции. Валидацию интегрированной системы следует проверить на наличие всех изменений, которые (1) могут изменить задачи, выполняемые персоналом, (2) могут изменить требования задач, такие как изменение динамики, сложности или рабочей нагрузки при выполнении задач, или (3) могут взаимодействовать или влиять на HSIs и процедуры таким образом, что это может ухудшить показатели деятельности. Валидация интегрированной системы может не понадобиться, если модернизация включает в себя только незначительные изменения в задачах персонала, так что разумно ожидать, что модернизация будет иметь незначительное влияние или вообще не повлияет на рабочую нагрузку и вероятность ошибки.

#### **18.11.2.3.1 Группа для проведения валидации**

Группа, выполняющая валидацию, является независимой от персонала, ответственного за разработку проект. Члены группы по валидации не несут ответственности за проект, они никогда не были частью команды разработчиков, хотя могут работать в одной и той же организации. Их обязанности ограничиваются проведением валидации проекта.

#### **18.11.2.3.2 Цели испытаний**

ЭО разрабатывает подробные цели испытаний, чтобы представить доказательства того, что интегрированная система адекватно поддерживает работу персонала станции в режиме ее безопасной эксплуатации, включая следующие аспекты:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	96
---	--	----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- подтвердить приемлемость количества персонала в смене, распределения задач между членами смены, а также координацию действий оперативного персонала на БПУ, между БПУ и МПУ, ЦТП, и с операторами оборудования, выполняющими задачи на рабочих местах. Для этого следует выполнить валидацию минимального количества сменного персонала, штатной численности, максимальной численности, а также сдачи-приема смены;

- подтвердить, что проект обладает адекватной способностью оповещения, информирования, управления и обратной связи, чтобы персонал мог успешно выполнять задачи во время нормальных режимов эксплуатации, переходных процессов, проектных аварий, а также в ходе отобранных, значимых для риска запроектных событий, как определено выборкой условий выполнения работ;

- подтвердить, что конкретные задания персонала могут быть выполнены в соответствии с критериями времени и показателями деятельности, при эффективной ситуационной осведомленности и приемлемых уровнях рабочей нагрузки, создающих баланс между бдительностью и чрезмерной нагрузкой на персонал;

- подтвердить, что HSIs минимизируют ошибки персонала и обеспечивают возможность обнаружения и восстановления ошибок при возникновении ошибок;

- подтвердить допущения о выполнении важных действий человека. Например, HRA в рамках PRA станции содержит несколько допущений относительно выполнения действий человека, важных с точки зрения риска. Эти допущения следует подтверждать для доминирующих последовательностей, таких как стратегии принятия решений и диагностики, и также для действий человека. Этот процесс должен быть завершен до заключительной количественной стадии выполнения PRA;

- подтвердить, что персонал может эффективно переходить между HSIs и процедурами при выполнении своих задач, а также что задачи управления интерфейсами, такие как конфигурация отображения информации и навигация, не являются отвлекающим фактором или чрезмерной нагрузкой.

*Дополнительные соображения по рассмотрению HFE-аспектов модернизации станции.* В дополнение к любому из приведенных выше

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	97
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

критериев, относящихся к рассматриваемой модернизации, разрабатываются цели и сценарии испытаний, чтобы охватить аспекты выполнения, на которые повлиял измененный проект (даже если HSIs не изменены), включая задачи персонала.

### 18.11.2.3.3 Испытательные стенды для валидации

Испытательный стенд является средством представления HSIs, используется для выполнения оценок валидации и отвечает следующим критериям.

*Полнота интерфейса.* Испытательный стенд должен полностью представлять собой интегрированную систему. Он должен включать также HSIs и процедуры, которые специально не требуются в сценариях испытаний. Расположенные рядом элементы управления и СОИ могут оказывать влияние на способы использования персоналом элементов управления и СОИ, которые рассматриваются в конкретном сценарии валидации.

Критерии полноты интерфейса:

- Физическая точность интерфейса. HSIs и процедуры испытательного стенда представлены с высокой физической точностью к исходному проекту, включая аварийные сигналы, СОИ, элементы управления, вспомогательные средства для выполнения работ, процедуры, оборудование для коммуникации, инструменты управления интерфейсом, планировку оборудования, а также пространственные соотношения;

- Функциональная точность интерфейса. Функциональность HSIs испытательного стенда и процедур представлена с высокой точностью к исходному проекту. Все функции HSIs активны. Высокая точность охватывает режимы работы HSIs (т.е., изменения в функциональности, которые могут быть вызваны персоналом, который отбирает их), или изменения в состоянии станции;

- Точность окружающей среды. Точность воспроизведения внешних условий на испытательном стенде представлена с высокой физической точностью относительно исходного проекта, включая ожидаемые уровни освещения, шума, температуры и влажности. Так, например, шум, создаваемый оборудованием, таким как кондиционеры, компьютеры и оборудование для коммуникации, представлен в валидационных испытаниях;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	98
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- Точность полноты данных. Информация и данные, предоставляемые персоналу, полностью отражают системы станции, которые они контролируют и управляют;

- Точность содержания данных. Точность содержания данных на испытательном стенде представлена с высокой физической точностью к исходному проекту. Представление информации и средств управления опирается на базовую модель, точно отражающую исходную АЭС. Модель обеспечивает ввод данных в HSI таким образом, чтобы информация точно соответствовала той, которая представлена во время реальных работ и операций;

- Точность динамики данных. Точность динамики данных на испытательном стенде представлена с высокой точностью к исходному проекту. Модель процесса обеспечивает ввод данных в HSI таким образом, чтобы поток информации и ответные действия по управлению происходили точно и в течение правильного времени для ответа; например, информация должна отправляться персоналу с такими же задержками, как и на станции.

Для важных действий человека со сложными HSI, удаленными от БПУ (например, Резервный пункт управления), для которых необходимы своевременные и точные действия, также привлекается использование тренажера или макета для проведения валидации с целью убедиться, что требования к деятельности человека могут быть удовлетворены. (Для менее важных действий человека или несложных HSI, деятельность человека может оцениваться на основе анализа, таком как анализ рабочих заданий, а не с помощью тренажеров.)

ЭО проверяет соответствие испытательного стенда требуемым характеристикам, предъявляемым к испытательным стендам, до проведения валидационных испытаний.

#### 18.11.2.3.4 Персонал станции

Участниками валидационных испытаний являются представители персонала станции, который будет взаимодействовать с HSI проекта в своей деятельности (например, лицензированные операторы, а не обучающий или инженерный персонал).

Для правильного учета вариабельности исполнителей, ЭО использует выборку участников, которая отражает характеристики состава персонала, из

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	99
---	--	----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

которого она получена. Те характеристики, которые, как ожидается, будут способствовать изменению работы системы, должны быть конкретно определены, а процесс выборки разумно гарантировать, что валидация охватывает изменчивость в отношении персонала станции. Определение репрезентативности выборки включает рассмотрение типа лицензии и квалификации участников, их навыков / опыта, возраста и общих вопросов демографии.

При отборе персонала для участия в испытаниях ЭО учитывает минимальную численность персонала в смене, штатную численность и максимальное число, включая начальников смен, операторов реакторов, технических консультантов смены и т.д.

ЭО стремиться предотвратить искажения в выборке участников, избегая использования исполнителей, которые:

- являются членами проектной организации (группы разработчиков);
- участвовали в предыдущих оценках;
- были отобраны по некоторым специфическим характеристикам, таким как смены, признанные эффективными или более опытными.

#### **18.11.2.3.5 Измерение показателей выполнения**

Валидация интегрированной системы использует иерархический набор показателей деятельности, включая показатели работы станции, выполнения заданий персоналом, ситуационную осведомленность, когнитивную нагрузку и антропометрические/физиологические факторы. Ошибки в результате бездействий или неправильных действий также выявляются. Иерархический набор измерений предоставляет достаточную информацию для валидации проекта интегрированной системы и дает основу для анализа недостатков при выполнении и, таким образом, для выявления необходимых улучшений. Показатели прохождения или неудачи испытаний это те, которые используются для определения, является ли проект валидным. Диагностические показатели используются для лучшего понимания работы персонала и для облегчения анализа ошибок и несоответствий в области НФЕ.

##### *18.11.2.3.5.1 Типы показателей выполнения*

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	100
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО определяет конкретные показатели работы станции, применимые к каждому сценарию валидации интегрированной системы. Они могут касаться выполнения функций, работы систем или компонентов.

ЭО определяет основные показатели выполнения задач, применимые к каждому сценарию валидации интегрированной системы:

- Для каждого сценария ЭО определяет основные задачи, которые операторы должны выполнить для достижения целей сценария, чтобы можно было разработать такие показатели. Основными задачами являются задачи, связанные с выполнением функциональной роли оператора по оперативному контролю за системами и оборудованием станции; т.е. мониторинг, обнаружение, оценка ситуации, планирование реагирования и реализация ответных мер. Основные задачи должны рассматриваться на уровне детализации, соответствующей требованиям задачи. Например, для некоторых простых сценариев измерения времени для выполнения задачи может быть достаточно. Для сложных задач, особенно тех, которые основаны на знаниях, может быть целесообразным провести детальный анализ, например, определение компонентов задачи, а именно: поиск конкретных данных, принятие решений, принятие ответных мер и получение обратной связи;

- Показатели, отобранные для оценки выполнения задач персоналом, отражают те аспекты задач, которые важны для работы системы станции, например:

- время;
- точность;
- частота;
- объем достигнутого или выполненного;
- расход потребленного или количество использованного;
- субъективные отчеты участников;
- классификация поведения наблюдателями.

- Анализ основных задач способствует выявлению ошибок невыполнения действий (основные задачи не выполнены). Кроме того, любые действия и задачи, которые операторы реально выполняют, и которые отличаются от

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	101
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

выполнения основных задач, идентифицируются и записываются. Эти действия используются для выявления ошибок в виде неправильных действий.

ЭО определяет вспомогательные задачи, применимые к каждому сценарию. Вспомогательные задачи это задачи, которые персонал должен выполнять при взаимодействии с HSIs, такие как навигация по отображениям на экране компьютера для поиска необходимой информации и настройки HSIs. Необходимо, чтобы измерение выполнения вспомогательной задачи отражали требования детальной реализации HSIs, например, время для настройки АРМ, навигации между СОИ и манипулирования ими (например, изменение типа отображения данных и настройка масштаба).

ЭО определяет показатели ситуационной осведомленности, применимые к каждому сценарию. Ситуационная осведомленность это степень, в которой восприятие персоналом параметров станции и понимание состояния станции соответствует ее фактическому состоянию в любой момент времени, позволяя прогнозировать состояние станции в будущем.

ЭО определяет показатели рабочей нагрузки для выполнения каждого сценария. Рабочая нагрузка состоит из физических, когнитивных и других требований, предъявляемых к персоналу станции. Влияние одного или нескольких из этих аспектов рабочей нагрузки учитывается в показателях выполнения работ.

ЭО определяет антропометрические и физиологические показатели, полученные для каждого сценария. Антропометрические и физиологические факторы включают такие проблемы, как видимость СОИ, доступность средств управления и простота манипулирования этими средствами. Многие из этих аспектов проекта оцениваются как часть верификации HFE аспектов проекта. Поэтому внимание уделяется тем областям проектирования, которые могут быть решены только путем испытаний интегрированной системы. Например, способность персонала эффективно использовать различные элементы управления, СОИ, АРМ или консоли при выполнении своих задач.

#### *18.11.2.3.5.2 Информация по показателям выполнения и критерии валидации*

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	102
---	--	-----

ЭО описывает методы, с помощью которых получают показатели выполнения. Например, через записи данных работы на тренажере, анкетирование участников или наблюдения специалистов-экспертов.

ЭО указывает, когда каждый показатель регистрируется (записывается). Например, непрерывно, либо в определенные моменты выполнения сценария или после его завершения.

ЭО описывает характеристики (см. таблицу 18.11.2.1) показателей выполнения заданий.

Характеристика	Измерение
Конструктивная валидность	Мера должна точно представлять аспект выполнения, предназначенный для измерения.
Надежность	Мера должна быть воспроизводимой; то есть одно и то же поведение, измеренное одинаково при одинаковых обстоятельствах, должно давать одинаковые результаты.
Чувствительность	Диапазон измерения (шкала) и его частота (как часто данные собираются) должны соответствовать аспекту выполнения, который оценивается.
Ненавязчивость	Мера должна минимально изменять психологические или физические процессы, которые исследуются.
Объективность	Мера должна основываться на легко наблюдаемых явлениях.

Таблица 18.11.2.1 – Характеристики показателей деятельности.

ЭО определяет конкретные критерии для каждого показателя, используемые для оценки приемлемости выполнения, и описывает их основу. В таблице 18.11.2.2 приведены различные основы для критериев выполнения.

Основа	Значение
Требование	Наблюдаемая работа интегрированной системы сравнивается с количественным требованием к выполнению; требования для деятельности систем, подсистем и персонала определяются с помощью инженерно-технического анализа.

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Основа	Значение
Эталон для сравнения	Наблюдаемая деятельность интегрированной системы сравнивается с критерием, установленным с использованием эталонной системы (например, текущая система, которая предварительно определена как приемлемая).
Норма	Наблюдаемая деятельность интегрированной системы сравнивается с критерием, использующим многие предшествующие системы (а не единственную эталонную систему).
Экспертная оценка	Наблюдаемая деятельность интегрированной системы сравниваются с критерием, установленным экспертами в предметных областях.

Таблица 18.11.2.2 – Основы для критериев выполнения.

ЭО определяет, является ли каждый показатель мерой прохождения/не прохождения испытания или диагностической мерой.

### 18.11.2.3.6 План проведения испытаний

#### 18.11.2.3.6.1 Последовательность сценариев

ЭО добивается баланса сценариев между сменами участников, чтобы предоставить каждой смене аналогичный, репрезентативный диапазон сценариев.

ЭО организует порядок проигрывания сценариев сменами, чтобы обеспечить разумную уверенность в том, что сценарии не всегда представлены в одной и той же последовательности (например, простой сценарий не всегда используется первым).

#### 18.11.2.3.6.2 Процедуры проведения испытаний

ЭО использует подробные, ясные, непротиворечивые процедуры для управления проведением испытаниями. Эти процедуры включают следующие аспекты:

- определение того, какие смены участников получают какие сценарии, а также порядок, в котором они должны быть представлены;
- подробные и стандартизированные инструкции для инструктажа участников. Тип инструкций, предоставляемых участникам, может повлиять на

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	104
---	--	-----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

их выполнение задачи. Этот источник искажений сводится к минимуму путем разработки стандартных инструкций для участников;

- конкретные указания для персонала, проводящего испытания, по проигрыванию сценариев испытаний;

- руководство по вопросам, когда и как взаимодействовать с участниками при возникновении трудностей на тренажере или в ходе испытаний. Даже при использовании тренажера с высокой точностью моделирования участники могут столкнуться с артефактами внешней среды при испытаниях, отвлекающие их от выполнения задач, находящихся в центре оценки. Данное руководство должно быть доступно для проводящих испытания, чтобы помочь разрешить такие ситуации;

- инструкции о том, когда и как собирать и хранить данные. Эти инструкции указывают, с помощью каких инструментов происходит регистрация данных, например:

- компьютеры тренажера;
- специализированные инструменты и устройства для сбора данных (например, анкеты по ситуационной осведомленности и рабочей нагрузке, или физиологические показатели);
- видеорегистраторы (месторасположение);
- персонал по проведению испытаний и специалисты-эксперты (например, с помощью контрольных форм для наблюдений);

- процедуры для документирования:

- идентифицированных и хранящихся файлов с протоколами испытаний, включая сведения по сменам участников и сценариям;
- собранных данных;
- записей в рабочих журналах, сделанных персоналом, проводившим испытания.

Процедуры детализируют типы информации, которая должна регистрироваться (например, когда испытания были выполнены, отклонения от процедур испытаний и почему они произошли, а также любые необычные события, которые могут быть важны для понимания того, как испытания

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	105
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

проводились, или для интерпретации полученных результатов). В процедурах также указывается, когда эти типы информации должны быть зарегистрированы.

Процедуры проведения испытаний, разработанных ЭО, сводят к минимуму возможность от искажений ожиданий ответственного персонала в отношении результатов испытаний и ответов участников испытаний. Ожидания персонала, проводящего испытания, могут вести к искажениям, если их ожидания систематически влияют на сбор данных. Ожидания могут влиять на выполнение сценариев разными способами (например, проводящий испытания персонал, делая тонкие подсказки или сообщения, может предоставлять дополнительные указания или инструкции участникам, либо он может проявлять склонность оценивать работу участников таким образом, чтобы она более благоприятно отражалась на оценках проекта, чем если бы это делал объективный наблюдатель).

Искажения в действиях участников валидации означает, что сам план проведения испытаний может оказывать влияние на данные, получаемые от них. Не обязательно полагать, что такие искажения представляют собой преднамеренную попытку участников испытаний сообщать неверные сведения, быть неправдивыми. Среда выполнения испытаний может повлиять на участников таким способом, который имеет мало общего с целями испытаний. Искажение действий участников может происходить четырьмя способами. Во-первых, участники могут захотеть повлиять на результаты и, таким образом, быть склонными к продуцированию данных, соответствующих желаемым или требуемым результатам. Во-вторых, участники могут захотеть предоставить данные, которые, по их мнению, хочет получить проводящий испытания персонал. В-третьих, участники могут попытаться выяснить, как выполнение должно варьироваться в разных условиях, а затем влиять на данные, чтобы соответствовать таким различиям. В-четвертых, участники могут захотеть отличаться, потому что они знают, что за ними наблюдают.

#### *18.11.2.3.6.3 Обучение проводящего испытания персонала*

ЭО обучает проводящий испытания персонал (тех, кто проводит или руководит валидационными испытаниями) по следующим вопросам:

- использование и важность процедур проведения испытаний;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	106
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- предвзятость и ошибки, которые проводящий испытания персонал может внести в данные из-за несоблюдения процедур проведения испытаний или правил взаимодействия с участниками;

- важность точного документирования проблем, возникающих во время испытаний, даже если они были вызваны недосмотром или ошибкой тех, кто проводил испытания.

#### *18.11.2.3.6.4 Подготовка участников испытаний*

Подготовка участников испытаний очень похожа на обучение персонала станции. ЭО разумно убеждается, что знания участников о конструкции и работе станции, а также об использовании HSI и процедур соответствуют знаниям опытного персонала станции. Участники не должны проходить специальную подготовку для выполнения выбранных сценариев испытаний.

Чтобы гарантировать, что деятельность участников является репрезентативной для персонала станции, обучение участников приводит к стабильному, незначительно изменяющемуся от испытания к испытанию выполнению сценариев, что проверяется в ходе пилотных испытаний до проведения основных испытаний.

#### *18.11.2.3.6.5. Проведение пилотных испытаний*

ЭО проводит пилотное исследование до начала валидационных испытаний, чтобы оценить адекватность плана испытаний, показателей выполнения сценариев и методов сбора данных.

ЭО не использует участников пилотных испытаний в последующих валидационных испытаниях.

#### **18.11.2.3.7 Анализ данных и идентификация несоответствий в области HFE**

ЭО использует комбинацию количественных и качественных методов для анализа данных. Анализ выявляет взаимосвязь между наблюдаемыми показателями выполнения и установленными критериями для показателей выполнения.

ЭО предварительно обсуждает метод, с помощью которого данные анализируются по всем испытаниям, а также критерии, используемые для определения успешной работы для данного сценария.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	107
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО оценивает степень конвергенции (сходимости) между соответствующими показателями (т.е., согласованность между показателями, которые, как ожидается, позволяют оценивать один и тот же аспект деятельности). Например, если показатель ситуационной осведомленности измеряется как по анкете участника, так и по шкале оценки наблюдателя, результаты должны соответствовать друг другу. Если они различаются, определяется причина расхождения.

При интерпретации результатов испытаний ЭО предполагает допустимый предел погрешности, чтобы отразить тот факт, что реальное выполнение может быть несколько более изменчивым, чем наблюдаемые результаты выполнения валидационных испытаний.

ЭО проверяет правильность анализа данных. Эта верификация выполняется лицами или группами, отличными от тех, кто проводил первоначальный анализ, но могут быть из той же организации.

ЭО идентифицирует несоответствия в области HFE, если наблюдаемые показатели деятельности не соответствуют установленным критериям выполнения.

ЭО устраняет несоответствия в области HFE, идентифицированные с помощью показателей прохождения / не прохождения испытаний, прежде чем проект будет принят.

#### **18.11.2.3.8 Выводы по валидации**

ЭО документирует статистические и логические основы для определения того, что деятельность интегрированной системы считается приемлемой.

ЭО документирует ограничения в валидационных испытаниях, их возможное влияние на выводы валидации и на реализацию проекта. Примеры возможных ограничений включают в себя:

- аспекты испытаний, которые не были хорошо контролируемы;
- потенциальные различия между ситуацией проведения испытаний и реальной деятельностью на станции, такие как отсутствие конфликтов между производственными целями и целями безопасности;
- потенциальные различия между прошедшим валидацию проектом и действующей станцией или системой (если валидация направлена на

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	108
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

строящуюся станцию, где такая информация доступна, или на новый проект с использованием результатов валидации от предшественника).

#### 18.11.2.4 Устранение несоответствий в области HFE

Несоответствия в области HFE идентифицируются в процессе V&V во время:

- верификации средств поддержки выполнения заданий;
- верификации HFE аспектов проекта;
- валидации интегрированной системы.

ЭО (1) оценивает несоответствия в области HFE, чтобы определить, нуждаются ли они в исправлении, (2) определяет проектные решения для устранения несоответствий в области HFE, и (3) проверяет заверченный вариант реализации этих проектных решений по несоответствиям в области HFE.

Решения по несоответствиям в области HFE могут выполняться итеративно в ходе всего процесса V&V. Таким образом, проблемы, выявленные в ходе одного вида деятельности V&V, могут быть рассмотрены и решены до начала другого.

##### 18.11.2.4.1 Анализ несоответствий в области HFE

Анализ несоответствий в области HFE включает следующие аспекты:

- *Задачи и функции персонала.* Влияние несоответствий в области HFE на выполнение персоналом задач и функций, которые обеспечиваются этими задачами. Потенциальное влияние несоответствий в области HFE определяется, в частности, важностью функций персонала в отношении безопасности станции (например, последствий отказа), и совокупным влиянием несоответствий на деятельность персонала (например, степень ухудшения деятельности и типы потенциальных ошибок);

- *Системы АЭС.* Влияние несоответствий в области HFE на системы станции, принимая во внимание значимость для безопасности этих систем, а также их влияние на связанные с риском последствия, согласно PRA станции. Потенциальное влияние этих несоответствий в области HFE на безопасность станции и деятельность персонала отчасти определяется значимостью для безопасности системы (систем) станции, связанных с конкретным компонентом.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	109
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- *Кумулятивное влияние несоответствий в области HFE.* Анализ несоответствий в области HFE должен определить кумулятивное влияние, которое могут иметь несколько несоответствий в области HFE на безопасность станции и деятельность персонала. Хотя отдельное несоответствие в области HFE может не считаться достаточно серьезным, чтобы требовать исправления, совокупное воздействие нескольких из них на один аспект конструкции может значительно снизить безопасность станции и, следовательно, потребовать корректирующих мер. Аналогичным образом, когда одна система станции с несколькими связанными несоответствиями в области HFE влияет на несколько HSI, следует учитывать их возможное комбинированное влияние на работу этой системы станции;

- *Несоответствия в области HFE как признак более широких проблем.* Помимо рассмотрения конкретных несоответствий в области HFE, анализ должен определить, указывают ли несоответствия в области HFE на потенциально более широкие проблемы. Например, идентификация нескольких несоответствий в области HFE, связанных с одним конкретным аспектом проекта HSI, например, с панелью РПУ, также может указывать на другие проблемы с этим аспектом конструкции, такие как непоследовательное использование процедур проектирования и руководств по стилю построения. В некоторых случаях результаты оценки несоответствий в области HFE могут потребовать дальнейшего рассмотрения в выявленных проблемных областях, например, при обнаружении нескольких случаев неправильной маркировки эксперты могут пожелать провести более полный анализ маркировки оборудования.

#### **18.11.2.4.2 Выбор несоответствий в области HFE для исправления**

ЭО проводит оценку, чтобы определить, какие несоответствия в области HFE следует исправить. Оценка должна идентифицировать те несоответствия в области HFE, которые являются приемлемыми и не требуют вмешательства (приведенная ниже дополнительная информация содержит примеры). Оставшиеся несоответствия должны быть обозначены как несоответствия в области HFE, которые должны быть устранены в процессе рассмотрения несоответствий в области HFE.

Несоответствия в области HFE, которые необходимо исправить ЭО, имеют прямые последствия для безопасности, могут отрицательно повлиять на

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	110
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

работу персонала, так что пределы безопасности станции могут быть снижены ниже приемлемого уровня. На неприемлемость указывают такие условия, как нарушение пределов безопасности, согласно Технологическому регламенту, нарушение эксплуатационных пределов или предельных условий эксплуатации, или несоблюдение критерия прохождения / не прохождения валидации интегрированной системы.

Несоответствия в области HFE с потенциальным влиянием на безопасность, не таким серьезным, как описано выше, следует также исправить, если ЭО не обоснует целесообразность оставить все как есть.

ЭО исправляет несоответствия в области HFE, которые могут отрицательно повлиять на деятельность персонала таким образом, что это может иметь потенциальные последствия для работы станции или работоспособности конструкций, систем и компонентов, а также для надежности и эффективности деятельности персонала. Это может включать в себя неспособность удовлетворить потребности персонала в информации или нарушение руководящих принципов HFE для задач, связанных производственными целями станции и защитой инвестиций.

Несоответствия в области HFE могут быть приемлемы в контексте полностью интегрированного проекта. Техническая основа для такого определения может включать анализ недавней исследовательской литературы, текущей практики, компромиссных исследований или оценок проектирования.

#### **18.11.2.4.3 Разработка проектных решений**

ЭО определяет проектные решения для корректировки несоответствий в области HFE. Как часть проектного решения, оценивается взаимосвязи отдельных несоответствий в области HFE.

Несоответствия в области HFE не следует рассматривать изолированно и, насколько это возможно, их потенциальное взаимодействие следует учитывать при разработке и внедрении решений. Например, если HSI для одной системы станции связан со многими несоответствиями в области HFE, тогда набор проектных решений следует скоординировать для повышения общей деятельности системы и предотвращения несовместимости между отдельными решениями. Точно так же, если одна система станции связана с несколькими HSI, для которых имеются несоответствия в области HFE, то проект отдельных

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	111
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

решений следует согласовать таким образом, чтобы результат улучшал, а не ухудшал работу этой системы. Подходы, которые разрабатывают проектные решения для некоторых несоответствий в области HFE до того, как все они будут идентифицированы в конкретных видах деятельности V&V, являются приемлемыми, при условии, что потенциальные взаимодействия между несоответствиями в области HFE специально рассматриваются перед внедрением этих проектных решений.

#### **18.11.2.4.4 Оценка проектного решения**

ЭО оценивает проектные решения, чтобы продемонстрировать устранение несоответствий в области HFE и убедиться, что не возникают новые несоответствия в области HFE. Как правило, оценка использует метод V&V, который первоначально обнаружил несоответствие в области HFE. Например, если несоответствие в области HFE было идентифицировано с использованием верификации аспектов HFE проекта, то эта оценка должна использоваться для оценки решения. Однако могут быть причины для документирования удовлетворительного разрешения с использованием других методов. Например, если аспект HSI был значительно изменен в связи с исправлением нескольких несоответствий в области HFE, окончательный проект HSI может пройти валидацию, чтобы обеспечить приемлемый суммарный эффект всех изменений.

#### **18.11.2.4.5 Документирование анализа несоответствий в области HFE**

ЭО документирует каждое несоответствие в области HFE, включая:

- основание для не исправления несоответствия в области HFE;
- соответствующие задачи и функции персонала;
- связанные системы станции;
- кумулятивные эффекты несоответствий в области HFE;
- несоответствия в области HFE как указание на более широкие проблемы.

Часть или вся эта документация может быть включена в систему отслеживания проблем. Другая информация, такая как кумулятивные эффекты или признаки более широких проблем, могут быть документированы отдельно.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	112
---	--	-----



## 18.12 Внедрение проекта

### 18.12.1 Проектные решения по модернизации АЭС

Проводимые модернизации на станции влияют на персонал различным образом. Изменения в системах и компонентах могут повлиять на функции персонала и способ выполнения им своих заданий. Модернизации часто приводят к изменениям в HSIs, процедурах и обучении, а также в системах и оборудовании станции. Кроме того, модернизации также могут включать аспекты HFE систем и компонентов (например, БПУ), даже если системы и компоненты станции остаются неизменными.

Модернизации реализуются разными способами. Некоторые подходы, их преимущества и недостатки приведены в таблице 18.12.1.1. У каждого подхода есть свои особенности в области HFE.

<b>Много небольших изменений</b>
<b>Преимущества</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Минимальная дестабилизация деятельности.</li> </ul>
<p>Потенциальные недостатки</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Риск неожиданного воздействия на работу станции (например, при ложном срабатывании). Это может быть проблемой как при работающем реакторе, так и при останове энергоблока, но потенциально более серьезной проблемой в первом случае.</li> <li>- Рост вероятности для несоответствия и отсутствия стандартизации HSIs, так как многие новые, отличающиеся системы добавляются отдельно в пункт управления (или другие эксплуатационные и вспомогательные центры). Таким образом, персонал не может быть полностью уверен, как именно функционирует каждый HSIs.</li> <li>- Дублирующая функциональность. Многие HSIs доступны персоналу, чтобы предпринять одни и те же действия.</li> <li>- Обучение небольшим изменениям может отсутствовать, поэтому персонал не использует эффективно или совсем не использует новые системы.</li> </ul>
<b>Значительные изменения в течение одного останова энергоблока</b>
<b>Преимущества</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Отсутствует вероятность негативного влияния на деятельность персонала временных конфигураций, поскольку все изменения реализуются одновременно.</li> <li>- Более экономично, чем многократные остановы энергоблока, потому что (1) не нужно</li> </ul>

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

анализировать переходные периоды, (2) процедуры не нужно временно изменять, и (3) персонал не должен обучаться временным конфигурациям станции и HSIs.

***Потенциальные недостатки***

- Значительные изменения станции и HSIs могут сильно повлиять на то, как персонал эксплуатирует АЭС.

**Значительные изменения в течение нескольких остановов энергоблока**

***Преимущества***

- Значительные изменения в работе можно свести к минимуму, разбив изменения на более мелкие логические единицы.
- Персонал станции может получить опыт работы с системами, не относящимся к системам безопасности (менее важным), таким образом, когда системы безопасности (важные) модернизируются, персонал станции будет уже знаком с HSIs.

***Потенциальные недостатки***

- Выполнение заданий может быть затруднено, если временная конфигурация требует выполнения части задания с использованием старого HSI, а другой части - с новым HSI.
- Переходные стадии между старой и новой системами особенно подвержены ошибкам, если не полностью учтены в процессе анализа, а также в ходе изменений обучения и процедур.

**Старое оборудование сохраняется на месте при вводе нового оборудования**

***Преимущества***

- Любые проблемы с новой системой могут быть идентифицированы и разрешены, пока старые HSIs находятся в действии, выполняя функции резервирования.
- Операторы могут ознакомиться с новыми HSIs, пока старые HSIs еще действуют.
- Старые HSIs доступны в аварийных ситуациях (исследования показали, что персонал часто предпочитает использовать знакомые HSIs в стрессовых условиях).

***Потенциальные недостатки***

- Конфликты HSIs между старой и новой системами (например, разные показатели для одного и того же параметра процесса).
- Визуальные помехи на пункте управления и риск отвлечения внимания при двух наборах HSIs.
- Разные лица могут предпочитать старые или новые HSIs, что может отрицательно влиять на командную работу.

**Новые неработающие HSIs введены параллельно со старыми функционирующими HSIs**

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	114
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

<p><b>Преимущества</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Операторы могут ознакомиться с новыми HSIs, пока старые HSIs еще действуют.</li> </ul>
<p><b>Потенциальные недостатки</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Помехи на пункте управления и риск отвлечения внимания при двух наборах HSIs.</li> <li>- Персонал может использовать новые HSIs непреднамеренно или потому, что они не осознают, что новые HSIs не работают.</li> </ul>

Таблица 18.12.1.1. Типичные преимущества и недостатки различных методов реализации программ модернизации

Как для новых, так и для модернизированных проектов важно, определить, что внедренный проект (т.е., итоговый или проект «по факту») точно отражает HFE аспекты проекта, прошедшего верификацию и валидацию.

ЭО убеждается, что:

- фактический проект соответствует разработанному с учетом принципов в области HFE проекту, прошедшему верификацию и валидацию;
- внедрение изменений на станции учитывает влияние их на деятельность персонала и обеспечивает необходимую поддержку для обеспечения разумной уверенности в безопасности выполнения работ.

Для внедрения проекта ЭО разрабатывает план реализации, в котором описывается методология данного элемента программы HFE.

На основании внедрения проекта оформляется Краткий отчет (RSR) по результатам внедрения, который включает следующие аспекты:

- описание того, как проект соответствует общим критериям заключительной верификации HFE аспектов проекта;
- объяснение того, как все аспекты проекта, которые не были рассмотрены во время выполнения видов деятельности V&V, были учтены в ходе внедрения проекта;
- документирование проверки ЭО и заключительного заявления о том, что действующая установка соответствует утвержденному, прошедшему валидацию проекту;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	115
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- подтверждение того, что все несоответствия в области НФЕ были удовлетворительно разрешены;
- определение того, как программа НФЕ рассмотрела и учла каждое важное действие человека.

### 18.12.1.1 Заключительная верификация НФЕ аспектов проекта

ЭО анализирует аспекты проекта, которые не были рассмотрены и учтены при V&V, используя соответствующий метод V&V. К таким аспектам проекта относятся, например, новые или модернизированные СОИ, отражающие конструктивные особенности конкретной АЭС.

ЭО сравнивает итоговые HSIs, процедуры и программы обучения с подробным описанием проекта, чтобы проверить, что они соответствуют запланированному проекту, как результату процесса проектирования на основе принципов НФЕ и выполнения видов деятельности по V&V. Эта верификация должна сравнивать фактические HSIs, процедуры и учебные материалы с описаниями по проекту и документацией по разработке. Любые выявленные расхождения устраняются или обосновываются.

ЭО убеждается, что все НФЕ вопросы в системе отслеживания проблем адекватно рассмотрены.

ЭО предоставляет описание того, как программа НФЕ рассмотрела и учла каждое важное действие человека.

### 18.12.1.2 Рассмотрение НФЕ аспектов модернизации пунктов управления

В дополнение к любому из перечисленных выше критериев, имеющих отношение к рассматриваемой модернизации, следует учитывать следующие аспекты.

#### Общие критерии для модернизации систем и оборудования станции

ЭО предоставляет достаточную гарантию в том, что топливо реактора безопасно контролируется в течение периода останова энергоблока, пока выполняются физические изменения на пункте управления.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	116
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ЭО подтверждает, что изменения в процедурах и подготовке персонала на станции отражают изменения в системах станции, функциональных обязанностях персонала, а также в HSIs, вызванных новыми системами.

Внедрение проекта планируется таким образом, чтобы минимизировать негативное влияние на работу персонала станции.

ЭО проверяет, что эксплуатационный персонал и персонал технического обслуживания полностью обучен и квалифицирован для работы и технического обслуживания всех модернизаций, выполненных на станции до запуска новых систем и установки новых HSIs.

ЭО разрабатывает план для мониторинга запуска и начальных работ после проведения модернизации, чтобы разумно гарантировать, что:

- выявлены и разрешены проблемы эксплуатации и технического обслуживания, возникающие в результате взаимодействия персонала с новыми системами, HSIs и процедурами;

- персонал достаточно знаком с новыми системами, HSIs и процедурами для обеспечения безопасной эксплуатации и технического обслуживания;

- были выявлены и исправлены любые негативные переносы усвоенных ранее в ходе обучения знаний и умений для старых, исключенных HSIs, на соответствующие новые HSIs;

- не создаются новые проблемы путем координации выполнения задач между оставшимися старыми и новыми HSIs;

- не выявлено неожиданных негативных последствий для взаимодействия персонала и командной работы.

Программы модернизации, состоящие из множества небольших изменений

ЭО обеспечивает, чтобы каждая модификация следует программе HFE, которая обеспечивает стандартизацию и согласованность (1) между старым и новым оборудованием и (2) по всем новым системам, которые внедряются.

ЭО убеждается, что новые модернизации удовлетворяют очевидным эксплуатационным потребностям и не мешают существующим системам. (Например, слуховые сигналы предупреждения на новом HSI не должны

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	117
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

отвлекать внимание операторов от рассмотрения более важных аварийных сигналов).

Программы модернизации, состоящие из крупных изменений в ходе многократных остановов энергоблока

Временные конфигурации могут существовать в течение длительного времени (например, цикла перегрузки ядерного топлива), и поэтому ЭО проверяет, являются ли они приемлемыми как с технической, так и с эксплуатационной точек зрения, и удовлетворяют ли нормативным требованиям. Данная проверка включает:

- оценки PRA для обеспечения минимизации ситуаций высокого риска;
- оценки отчета по обоснованию безопасности АЭС (FSAR) для обеспечения защиты от проектных аварий;
- оценки Технического регламента для определения необходимости изменений;
- оценки глубокоэшелонированной защиты для обеспечения соответствия нормативным критериям.

ЭО выполняет анализ рабочих заданий для каждой промежуточной конфигурации, чтобы убедиться, что любые требования задач известны и не ухудшают деятельность персонала.

ЭО обновляет HRA для рассмотрения и учета любых уникальных заданий, которые могут повлиять на риск, а также любых изменений в существующих заданиях из-за временной конфигурации.

ЭО убеждается, что HSIs, необходимые для выполнения важных задач, согласованы и стандартизированы. Персонал не должен использовать как старые, так и новые HSIs для различных аспектов одной и той же задачи.

ЭО разрабатывает процедуры для временных конфигураций систем и HSIs, которые использует персонал, когда энергоблок не остановлен.

ЭО разрабатывает программы обучения персонала для временных конфигураций систем, HSIs и процедуры, которые персонал может использовать, когда энергоблок не остановлен.

ЭО рассматривает следующие аспекты V&V:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	118
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- *Верификация HFE аспектов проекта.* Необходимо проверить временные конфигурации систем, HSI's и процедуры, которые используют эксплуатационный и обслуживающий персонал, когда энергоблок не остановлен, чтобы убедиться, что они соответствуют принципам хорошего проектирования в области HFE (например, руководствам по стилю построения HSI's или NUREG-0700);

- *Верификация средств HSI's для поддержки выполнения задач.* Временные конфигурации систем, HSI's и процедуры, которые эксплуатационный и обслуживающий персонал может использовать, когда энергоблок не остановлен, следует рассмотреть, чтобы убедиться, что их конструкция или содержание поддерживают выполнение поставленных задач (Например, если временная конфигурация систем станции вводит особые требования к мониторингу, то HSI's должны предоставить необходимую информацию);

- *Валидация интегрированной системы.* Для временных конфигураций проводится валидация, если это оправдано значимостью их риска для выполняемых персоналом задач.

Программы модернизации, когда старое оборудование сохраняется на месте при вводе нового оборудования

ЭО выявляет и рассматривает негативные последствия для деятельности персонала помех на пункте управления или на HSI's в связи с параллельным использованием старого и нового интерфейса.

ЭО выявляет и рассматривает негативные последствия для деятельности персонала в связи с одновременным наличием параллельной сигнализации.

ЭО выявляет и рассматривает негативные последствия для деятельности персонала в связи с различиями в информации от старых и новых систем по одному и тому же параметру или оборудованию.

ЭО выявляет и рассматривает любые проблемы безопасности при наличии элементов управления, к которым операторы могут получить доступ с двух разных HSI's (Например, может быть установлен переключатель для выбора, каким HSI будет управляться оборудование, тем самым предотвращая одновременные воздействия на органы управления).

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	119
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Программы модернизации, когда новые нефункционирующие HSIs установлены параллельно со старыми функционирующими HSIs

ЭО оценивает вероятность негативного влияния на деятельность персонала наличия помех на пункте управления или на HSIs в связи с параллельным доступ к старым и новым интерфейсам. В тех случаях, когда выявлены проблемы безопасности, заявитель должен принять меры для улучшения HSIs.

ЭО обеспечивает четкое указание нефункционирующего / неработающего состояния HSIs.

### **18.12.2 Отбор и оценка руководителей и специалистов АЭС**

Руководители и специалисты АЭС имеют широкий диапазон обязательств. Они вовлечены в ежедневную работу по эксплуатации и технический надзор за станцией, к тому же им необходимо руководить действиями разнообразным по квалификации персоналом.

Поэтому важно, чтобы руководители и специалисты АЭС обладали навыками хорошей организации и компетенциями управления, а также широким диапазоном технических знаний и навыков для достижения высоких стандартов в эксплуатационной безопасности и надежности АЭС.

Наличие грамотного и компетентного руководства АЭС - важный фактор минимизации влияния человеческого фактора на безопасность и надежность эксплуатации атомной электростанции.

#### **Подбор руководителей АЭС**

Должности руководителей могут заполняться путем подбора кандидатов среди сотрудников АЭС или набором персонала вне станции. В любом из этих случаев, определение и подбор индивидуума для назначения на конкретную руководящую должность будет более успешным, если это основано на знаниях, которые данному руководителю необходимо иметь или развивать для того, чтобы успешно выполнять свои должностные обязанности.

Чем ближе соответствие индивидуальных навыков, способностей и отношений к знаниям, которые требуются для данной должности, тем более

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	120
---	--	-----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

вероятно, что эта организация получит еще одного эффективного руководителя. Ниже приведенные факторы необходимо принимать во внимание:

- управление, аналитическая и контролирующая способность;
- опыт (то есть, деятельность на предыдущих должностях);
- образование и обучение;
- знание эксплуатации АЭС;
- психофизиологические характеристики, включая приверженность ядерной безопасности и качеству.

Для того чтобы выбор был произведен более эффективно и продуктивно, АЭС следует иметь четко определенные характеристики и уровни знаний для должностей, а также систематические процессы для сбора информации и оценки квалификаций кандидата на должность. Это требует поддержки со стороны персонала, обученного в методах оценки.

Существует ряд способов для оценки способности, которые могут быть приняты во внимание.

Первый акцент оценки заключается в наличии у кандидата на должность руководителя психологических и физиологических характеристик для успешного применения знаний, связанных с работой руководителя. Этот аспект оценки не должен быть пропущен, потому что независимо от того, насколько технически квалифицирован человек на должность руководителя, без определенных психологических и физиологических характеристик, приверженности (включая ориентации к ядерной безопасности и качеству), индивидуальных черт и социальных способностей, он не может быть успешным в качестве руководителя.

Второй акцент оценки определяет способность кандидата выполнять связанные с конкретной работой задачи. Процесс оценки обычно состоит из задач, которые основаны на знаниях, необходимых для успешного выполнения работы. Задачи могут включать обсуждения в группе, игры, работу в команде или моделируемые интервью. Кандидаты оцениваются опытными руководителями, обученными методам оценки. Каждый кандидат обычно оценивается двумя или больше оценщиками. Каждый из них выставляет независимую оценку каждому. После независимой оценки, оценщики достигают

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	121
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

согласия по характеристике каждого из кандидатов по оцененным знаниям. Результаты оценки обычно представляются кандидатам, чтобы определить сильные стороны и области для усовершенствования.

Третий акцент оценки способности является разработка структурного интервью, основанного на знаниях, которые являются важными для конкретной работы. Знания могут использоваться как часть оценки кандидата, который подобран из собственного штата станции, чтобы определить, может ли данный служащий быть выдвинут на руководящую должность, основываясь на способности выполнять необходимые функции для конкретной должности.

### 18.12.3 Требования к подбору персонала АЭС

Для подбора персонала АЭС руководство эксплуатирующей организации и АЭС разрабатывает требования к каждой конкретной должности персонала АЭС, включающие в себя необходимые для этих должностей индивидуальные навыки, способности и компетенция кандидатов. При этом эксплуатирующая организация принимает во внимание следующие факторы:

- управление, аналитическая и контролирующая способность;
- опыт (то есть, деятельность на предыдущих должностях);
- образование и обучение;
- знание эксплуатации АЭС;
- психофизиологические характеристики, включая приверженность ядерной безопасности и качеству.

Работа эксплуатирующей организации по подбору персонала включает в себя разработку долгосрочной программы обеспечения кадрами, привязанную к долгосрочным целям. Такая программа периодически пересматривается и обновляется с целью обеспечения ее соответствия и поддержки долгосрочных целей эксплуатирующей организации и потребностей станции. Программа обеспечения кадрами включает в себя возможные изменения в кадровом составе АЭС, рабочие задания по развитию профессионального и управленческого опыта и прогноз потребностей в кадрах, принимающий во внимание кадровые потери из-за выхода на пенсию и увольнений. Долгосрочная программа обеспечения кадрами предоставляет сотрудникам достаточное время для

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	122
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

передачи дел и обязанностей по работе, и обеспечивает неразрывность исполнения обязанностей.

Эксплуатирующая организация на основании целей, функций и обязанностей персонала АЭС определяет задачи и мероприятия по подбору и управлению кадрами, которые предстоит выполнить, и проводит их детальный анализ. Эксплуатирующая организация устанавливает надлежащие требования к обеспечению кадрами и квалификации на различных уровнях в структуре АЭС; с учетом требований к подбору кадров, их обучению и переподготовке.

Эксплуатирующая организация при установлении вышеперечисленных требований учитывает то, что ядерная энергетика предполагает использование сложных и эволюционных технологий, и что подобная программа соответственно потребует привлечения высококвалифицированного персонала, способного обеспечить безопасную и эффективную эксплуатацию АЭС в нормальных условиях эксплуатации и при нарушениях нормальных условий эксплуатации и авариях.

Эксплуатирующая организация при проведении мероприятия по подбору и управлению кадрами принимает во внимание:

- необходимость участия эксплуатирующей организации в анализе деятельности, включая работы, проводящиеся на этапах проектирования, сооружения и ввода в эксплуатацию;
- необходимость установления своевременной связи с надзорным органом, органами власти и другими организациями;
- минимальное число лиц, необходимое для выполнения всех функций, связанных с эксплуатацией станции и аварийными ситуациями, при этом должна учитываться нагрузка на отдельных лиц из числа эксплуатационного персонала АЭС;
- потребность, в особенности, в случае удаленно расположенных станций, в наличии на месте адекватных экспертных знаний, специального оборудования и запасных частей для управления в аварийной ситуации;
- предписанные требования относительно условий работы;
- текучесть кадров в эксплуатирующей организации;
- долговременные потребности в кадрах для будущих проектов;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	123
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- политику эксплуатирующей организации в отношении техобслуживания и других функций (как, например, объем мероприятий техобслуживания, выполняемый за смену, степень занятости персонала подрядчика, соотношение ремонтируемых и заменяемых компонентов, централизованные цеха).

Эксплуатирующая организация начинает набор персонала достаточно заблаговременно с тем, чтобы иметь возможность установления и надлежащего осуществления селекционных методов, а также своевременного наличия персонала для первичного обучения. Это позволит персоналу эффективно выполнять запланированные работы и принимать участие в мероприятиях по вводу в эксплуатацию и, в деятельности на стадии сооружения АС.

При проведении работ по подбору персонала АЭС эксплуатирующая организация:

- разрабатывает и выпускает документацию, определяющую квалификационные и образовательные требования к каждой конкретной должности персонала АЭС;

- определяет психофизиологические требования к персоналу АЭС в соответствии со стандартами и нормативными документами государства;

- на основании требований к квалификации, образовательному уровню и психофизиологических требований к персоналу АЭС, эксплуатирующая организация организует подбор персонала, включающий в себя проверку квалификационного и образовательного уровня кандидатов, а также проведение психофизиологического обследования кандидатов с привлечением к данным проверкам аттестованных квалифицированных специалистов и организаций;

- разрабатывает должностные инструкции персонала АЭС, в которых определяет обязанности и права персонала, а также объем требуемых знаний для каждой конкретной должности персонала АС. В данных инструкциях также определяются обязанности и взаимосвязь между структурными единицами и отдельными лицами из персонала внутри эксплуатирующей организации. В частности, данные взаимосвязи устанавливаются для всех видов деятельности, прямо или косвенно оказывающим воздействие на безопасность АС.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	124
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

#### 18.12.4 Программа набора, комплектования и подготовки персонала

ЭО разрабатывает программу набора, комплектования и подготовки персонала АЭС, нацеленную на сохранение коллектива опытных работников, имеющих большой объем знаний в области эксплуатации и безопасности, и поддержание стабильного объема знаний, навыков и экспертного опыта в области безопасности для достижения долгосрочных целей политики в области кадровых ресурсов через обеспечение широкого диапазона возрастов и опыта. Программа разрабатывается на основе действующих нормативных указаний (ОПКП АЭС-90, СТО 1.1.1.01.004.0644-2010, государственных стандартов и нормативных документов) и устанавливает порядок набора, комплектования и подготовки персонала АЭС.

ЭО разрабатывает план и график набора эксплуатационного персонала, с учетом потребностей в нормативной численности, с целью обеспечить опережающий набор персонала по отношению к энергетическому пуску энергоблока для:

- своевременной подготовки квалифицированного персонала;
- контроля качества проектно-сметной документации и строительно-монтажных работ;
- контроля качества пуско-наладочной, эксплуатационной и рабочей документации и монтажа энергоблочного оборудования;
- выявления особенностей технологических систем, конструкции оборудования и узлов и их усвоения персоналом атомной станции.

Набор эксплуатационного персонала и его подготовка обеспечивает своевременное начало поэтапного проведения пуско-наладочных работ и ввод энергоблока в запланированные сроки, поэтому набор этого персонала необходимо начинать за шесть лет до пуска энергоблока.

Программа набора, комплектования и подготовки персонала учитывает должностной состав АЭС, который подразделяется на следующие основные категории: руководители, специалисты, служащие, рабочие. В соответствии с описанием функциональных обязанностей и ответственностей в отношении

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	125
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

безопасной эксплуатации АЭС, для каждой должности формулируются соответствующие требования к кандидатам:

- образование и опыт практической работы в энергетике;
- состояние здоровья;
- уровень психофизиологических процессов.

Для определения требований ЭО использует отраслевые квалификационные характеристики для всех должностей руководителей, специалистов и служащих, а для профессий рабочих, специфичных для атомной энергетики, тарифно-квалификационные характеристики.

### 18.12.5 Программа медицинских осмотров

ЭО разрабатывает программу медицинского осмотра для всех работников АЭС, которые несут ответственность за ее безопасную эксплуатацию, а также для каждого работника АЭС, выполнение обязанностей которого связано с воздействием ионизирующего излучения, или который по роду своей работы может подвергаться облучению.

ЭО организует проведение первичных и периодических медицинских осмотров.

*Первичный медицинский осмотр* решает следующие задачи:

- получение исходных данных о состоянии здоровья претендента, необходимых для решения вопроса о характере и причине возможных последующих отклонений от нормы;
- недопущение к работе лиц, контакт которых с источниками излучения может вызвать у них расстройство здоровья, обострить или ухудшить течение имеющегося заболевания;
- недопущение к работе лиц из числа оперативного персонала, имеющих противопоказания в соответствии с перечнем заболеваний и физических недостатков.

*Периодические медицинские осмотры* решают следующие задачи:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	126
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- своевременное выявление ранних синдромов непрофессионального, а также профессионального генеза, которые могут препятствовать продолжению работы на данном рабочем месте;

- разработка рекомендаций по осуществлению лечебно-оздоровительных, реабилитационных мероприятий и диспансерному учету.

Дополнительно ЭО определяет перечень оперативного персонала, который проходит медицинский контроль перед началом смен с целью экспресс оценки функциональной готовности работника к выполнению своих обязанностей.

Перечень лабораторных и функциональных исследований для решения поставленных задач, а также перечень медицинских противопоказаний и должностей работников АЭС, на которые они распространяются, содержится в соответствующих руководящих указаниях.

### 18.12.6 Программа психофизиологических осмотров

Работники из оперативного персонала, которые несут ответственность за безопасную эксплуатацию АЭС, проходят профессиональные психологические и психофизиологические обследования:

- при приеме на работу;
- при назначении на другую должность;
- при периодических осмотрах.

Профессиональные психологические и психофизиологические обследования предназначены для решения следующих основных задач:

- сохранение здоровья персонала, используемого на соответствующей его возможностям работе;

- обеспечение качества психологической готовности персонала к ответственной работе в нормальных и отличных от нормальных условий эксплуатации АЭС;

- повышение надежности и безопасности эксплуатации атомной станции путем подбора лиц, которые по своим психологическим и психофизиологическим профессионально важным качествам наиболее

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	127
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

соответствуют требованиям конкретных должностей и профессий, а также выявления лиц, функциональное состояние которых указывает на сниженную работоспособность и повышенную вероятность профессиональных срывов;

- сокращение текучести и повышение квалификации кадров.

Перечень лабораторных исследований для решения поставленных задач, а также перечень проходящих обследования должностей работников АЭС, критерии прохождения/ не прохождения обследований установлены в соответствующих руководящих указаниях.

Профессиональные психологические и психофизиологические обследования носят дифференцированный характер в зависимости от сложности производственных обязанностей работника, и проводятся специально подготовленным персоналом с использованием современных технических средств и методик.

#### **18.12.7 Программа опережающей подготовки персонала**

Подготовка персонала обеспечивается ЭО с момента получения лицензии на право сооружения АЭС.

Программа опережающей подготовки персонала разрабатывается ЭО на основании действующих руководящих указаний не позднее чем за 6 месяцев до начала предпусковых наладочных работ на строящемся энергоблоке АЭС.

Программа опережающей подготовки на должность эксплуатационного персонала, участвующего в предпусковых наладочных работах, физическом и энергетическом пусках, предусматривает:

- обучение на нижестоящие должности и самостоятельную работу на соответствующих рабочих местах аналогичного блока АС с целью наработки стажа (при необходимости);
- изучение систем и оборудования блока АС;
- изучение особенностей эксплуатации систем и оборудования;
- обучение по программам предпусковых наладочных работ, физического и энергетического пусков;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	128
---	--	-----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- изучение оборудования и систем, которые предстоит обслуживать работнику во время их эксплуатации, по месту их установки;

- участие в предпусковых наладочных работах и испытаниях систем и оборудования;

- проверку знаний;

- допуск к самостоятельной работе;

Опережающая подготовка оперативного персонала строящегося энергоблока проводится на АЭС с аналогичными блоками и включает:

- подготовку на нижестоящие должности и самостоятельную работу на соответствующих рабочих местах аналогичного блока АС с целью наработки стажа (при необходимости);

- теоретическую подготовку;

- практическую подготовку с использованием технических средств обучения, допущенных в систему подготовки персонала в порядке, установленном ЭО;

- стажировку на рабочем месте аналогичного блока АС;

- первичную проверку знаний;

- дублирование на аналогичном блоке АС, находящемся в эксплуатации, продолжительностью не менее 12 рабочих смен;

- допуск к самостоятельной работе.

ЭО завершает комплектование, подготовку и допуск персонала к работе в объеме программ предпусковых наладочных работ на вводимом в эксплуатацию оборудовании строящегося энергоблока АЭС до начала проведения предпусковых наладочных работ на этом оборудовании.

К началу энергетического пуска блока ЭО обеспечивает:

- укомплектованность АС персоналом в соответствии со штатным расписанием, разработанным в соответствии с анализом нормативной численности и квалификации персонала;

- подготовку на должность и допуск к самостоятельной работе всего персонала АС.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	129
---	--	-----

### 18.12.8 Программы подготовки по вопросам управления

Программы подготовки по вопросам управления обычно подразделяются на две категории:

- ключевые программы обучения, которые обычно необходимы для всего персонала, отобранного для руководящих должностей;
- индивидуализированные программы обучения, которые обычно разрабатываются с целью ответить потребностям конкретного кандидата на должность руководителя.

Ключевые программы обучения обычно применяются там, где должность имеет некоторые обобщенные требования в вопросах управления, и персонал, отобранный для работы, скорее всего не будет иметь предварительно приобретенных основных навыков или соответствовать основным требованиям конкретной работы. Например, кандидаты, отобранные для должностей руководителей, скорее всего, не будут иметь какой-нибудь значимый опыт или обширное знание в таких областях, как планирование работы, руководство проектом, управление бюджетом или административные процессы и процедуры. Следовательно, было бы логично требовать от всех кандидатов для должностей руководителей "первой линии" выполнить общий набор действий по развитию своих знаний.

Индивидуальные программы подготовки основаны на действующей оценке квалификации руководителя или специалиста и его работы. Большинство организаций устанавливает один из типов процесса прохождения индивидуальной программы подготовки, который документирует сильные стороны руководителя и идентифицирует области, где желательно усовершенствовать его деятельность. В последнем случае, устанавливаются определенные действия по развитию знаний.

Обратная связь от индивидуальных действий развития знаний может быть полезна в оценке потребности организационного изменения в области компетенций руководителей.

Существуют различные способы получения знаний, включая знания по управлению. Все эти варианты следует принимать во внимание при

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

планировании индивидуальной программы развития для конкретных специалистов и руководителей.

Саморазвитие. Многие знания управления могут быть приобретены или усовершенствованы непрерывным процессом саморазвития непосредственно самими руководителями. Все предприятия по производству ядерной энергии полагаются до некоторой степени на руководителей, приобретающих специальные знания по вопросам управления и техники через саморазвитие. Приобретение лицензий, степеней высших учебных заведений, освоение иностранных языков, знание технических особенностей, и приобретение навыков в организационных аспектах - это результаты саморазвития и программ повышения квалификации.

Чем выше уровень руководителя, тем выше требуемый уровень знаний, но при этом часто имеется гораздо меньше возможностей для различных форм обучения вне работы. Эксплуатирующая организация устанавливает политику, обеспечивающую время, возможности и стремления для саморазвития.

Обычное обучение строится на приобретении знаний большим числом персонала. Преимущество обучения в аудитории состоит в том, что это допускает взаимодействие между участниками, а также между участником и преподавателем. Другая, часто недооцениваемая, польза - возможность для участников создать сеть контактов для обмена опытом. Главный недостаток такого обучения: это занимает определенное время и проводится вдали от основного рабочего места.

Эти недостатки могут быть минимизированы при помощи открытого обучения, для освоения основ изучаемого предмета, после чего для расширения понимания применяется обычное обучение.

Ротация персонала и внешние назначения. Ротация руководителей и специалистов АЭС или потенциальных руководителей и специалистов (резерва) внутри организации, или между отделами, позволяет проводить эффективный обмен идеями и опытом.

Точно так же, назначения на должности персонала извне данной организации позволяют выполнить исследование различных организационных и функциональных связей. Наблюдение различных типов управления, и

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	131
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

применения имеющегося опыта, может быть очень ценно и помогает руководителям выйти за круг их собственных организационных "установок".

Обучение на рабочем месте является эффективным способом получить опыт и развивать свои навыки, требуемые, чтобы стать руководителем АЭС. Это позволяет руководителям и специалистам или потенциальным руководителям и специалистам выполнять работу в ситуациях в реальном масштабе времени, в соответствующем рабочем окружении, находясь при этом под непосредственным или косвенным наблюдением. Обеспечивается регулярная, немедленная обратная связь. Чтобы повысить эффективность обучения на рабочем месте, должны быть определены и использоваться ясные цели к каждой деятельности, применяемой при обучении на рабочем месте. Это имеет преимущество в том, что руководитель или специалист делает "реальную" работу и не удаляется с рабочего места.

Наставничество является процессом, посредством которого опытный руководитель и специалист назначается для помощи и выдачи рекомендаций более младшему руководителю (или резерву на должность руководителя).

Чтобы быть эффективным, наставнику следует занимать уровень значительно выше в данной организации, чем лицо, которое только что назначено на должность руководителя. Наставники могут быть приглашены извне.

### 18.12.9 Обучение персонала

Эксплуатирующая организация проводит работу по обучению персонала, которая включает в себя нижеследующее.

#### 18.12.9.1 Программы подготовки персонала

Программы подготовки персонала для каждой конкретной должности разрабатываются с учетом следующих требований.

Программы обучения и аттестации направлены на обеспечение потребности эксплуатирующей организации в квалификации и образовательном уровне персонала, так как функции, важные для безопасного управления, контроля и обслуживания атомной электростанции, могут быть доверены только квалифицированным лицам. Для каждой категории лиц из персонала следует

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	132
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

иметь требования в отношении повышения и поддержания надлежащей компетенции посредством обучения, накопления и изучения опыта эксплуатации и прохождения курсов подготовки.

Программы обучения, основываясь на конкретных потребностях организации и отдельных лиц, учреждаются в целях развития и поддержания технических знаний и навыков персонала. Следует использовать системный подход к обучению, который позволяет подготовить, проанализировать, спланировать, разработать и осуществить на практике программу обучения, основанную на анализе обязанностей и задач, относящихся к той или иной работе.

Программы должны предоставить учебные планы и графики для различных категорий персонала с учетом подготовленности лиц, которым необходимо проходить обучение, и наличия возможностей для этого.

Программы обучения должны обеспечить то, что персонал на всех уровнях эксплуатации атомных электростанций обладает требуемой компетенцией. В них должны быть определены те действия персонала, которые влияют на безопасность, предусмотрено овладение обучаемым теми знаниями и практическим опытом, которые необходимы для безопасного производства таких действий.

### 18.12.9.2 Теоретические и практические курсы подготовки

18.12.9.2.1 Для организации теоретического курса подготовки персонала эксплуатирующая организация своими силами и/или силами привлекаемых организаций, имеющих лицензии на данный вид деятельности организует разработку и выпуск учебно-методических материалов для подготовки персонала АЭС .

Организует подбор и подготовку, включающую в себя, в частности, подготовку по системному подходу к обучению и психологии, в составе учебно-тренировочного центра (УТЦ АЭС) штата инструкторов, из состава персонала учебно-тренировочного центра (УТЦ АЭС) для проведения подготовки эксплуатационного персонала. Инструкторский состав подбирается эксплуатирующей организацией, исходя из следующих предпосылок:

- достаточности квалификационной подготовки;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	133
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- наличия необходимого опыта работы на аналогичных АЭС на должностях, связанных с тематикой предполагаемого преподавания данным инструктором;

- наличия необходимых личностных качеств, для проведения подготовки персонала (определяется по результатам психофизиологического обследования).

Эксплуатирующая организация организует практическую подготовку эксплуатационного персонала на рабочих местах АЭС в виде стажирования персонала непосредственно на рабочем месте АЭС, и с помощью технических средств обучения (тренажеров и имитаторов оборудования АЭС).

При необходимости эксплуатирующая организация организует обучение эксплуатационного персонала на предприятиях поставщиках оборудования для АЭС и (или) на аналогичных (референтных) энергоблоках АЭС.

При организации обучения на рабочих местах эксплуатирующая организация широко использует систему наставничества, для передачи эксплуатационного опыта и знаний от руководителя обучения (наставника) к обучаемому.

Эксплуатирующая организация организует и проводит первичные и очередные проверки знаний ЭП АС, включающие в себя:

- проверку теоретических знаний кандидата (теоретический экзамен);
- проверку практических навыков и умений кандидата (проверка практических навыков и умений на тренажерах и имитаторах оборудования);
- разработку графиков обучения и проверки знаний эксплуатационного персонала.

Эксплуатирующая организация организует прохождение эксплуатационным персоналом АЭС практического дублирования на рабочих местах, в соответствии с требованиями стандартов и нормативных документов государства.

Эксплуатирующая организация организует и проводит работу по разработке процедуры, порядка проведения и проведению лицензирования персонала АЭС в соответствии с требованиями стандартов и нормативных документов государства.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	134
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Эксплуатирующая организация организует программу развития персонала, основной целью которой является мотивация персонала, для наиболее полного использования потенциала персонала. Основными пунктами данной программы являются:

- оценка штата персонала;
- предоставление обратной связи по работе персонала, которая включает оценку и возможные дисциплинарные действия;
- создание на основании сильных сторон персонала и определения необходимых действий для его развития программы развития персонала для исключения неравенства в компетенциях отдельных лиц из числа эксплуатационного персонала АЭС;
- предоставление персоналу необходимого времени и ресурсов для выполнения программы развития своего профессионального уровня.
- мотивирование персонала, в том числе по результатам проведения анализов влияния развития персонала на повышение эффективности работы АЭС и в контексте потребностей АЭС;
- распространение успешного опыта отдельных лиц из числа персонала АЭС и отдельных коллективов по эксплуатации АЭС в эксплуатирующей организации;
- поощрение отдельных лиц из числа персонала АЭС и отдельных коллективов в зависимости от их вклада и успешного опыта эксплуатации АЭС;
- поощрение здоровой конкуренции для персонала отдельных коллективов и лиц из числа эксплуатационного персонала по повышению своей квалификации и навыков;
- планирование обучения всего персонала АЭС передовым методам эксплуатации АС.

#### **18.12.10 Организация эксплуатации**

Эксплуатирующая организация организует в структуре АЭС достаточное количество смен для проведения подготовки персонала с учетом его ротации и переходов на другие должности, а также в связи со строительством новых

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	135
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

энергоблоков АЭС. Численный состав смены АЭС устанавливается ЭО в соответствии с нижеприведенными критериями.

Число операторов в каждой смене и их обязанности устанавливаются исходя из степени сложности систем и оборудования АЭС, степени автоматизации и требований надзорного органа.

Смена АЭС должна возглавляться начальником смены и должна состоять из достаточного числа подготовленных, прошедших аттестацию и обладающих полномочиями операторов и персонала поддержки для управления АЭС во всех эксплуатационных режимах, а также в режимах с нарушениями условий нормальной эксплуатации и аварий. Квалификация и полномочия членов сменной бригады должны находиться в соответствии с требованиями надзорного органа и со стандартами безопасности эксплуатирующей организации. Каждому члену смены должны быть назначены ясно определенные полномочия и ответственность и установлена его позиция в части оперативного подчинения.

Между стационарными структурами и персоналом смены АЭС должна быть установлена официальная система сообщения для передачи приказов и информации, связанной с безопасностью эксплуатации. В частности, в соответствии с подобной системой, проводимые на АЭС ремонты и испытания должны быть надлежащим образом санкционированы руководством станции, проводиться и контролироваться персоналом смены. В эту систему должны входить регистрация приказов и инструкций с подтверждением того, что эти приказы и инструкции получены и поняты персоналу смены АЭС.

Эксплуатирующая организация разрабатывает процедуру приема – передачи смен. Передача смены должна выполняться профессионально и конструктивно. Эффективность передачи смены должна быть подтверждена письменным отчетом о деятельности смены и о приеме–передаче смены. Процесс передачи смены должен определить участвующих лиц, их обязанности, место и ход проведения передачи смены, а также метод сообщения о состоянии станции, включая меры, предусмотренные на случай особых обстоятельств, таких как аномальное состояние станции и неготовность персонала к приему-передаче смены.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	136
---	--	-----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Персонал смены проводит регулярные обходы рабочих мест (территории) станции. Начальник смены или уполномоченные лица из персонала должны также периодически проводить обходы станции.

Между персоналом смены АС, группой технической поддержки и группами по обслуживанию и ремонту, включая подрядчиков, должно существовать эффективное взаимодействие. После завершения своей работы, группа технической поддержки и ремонтные группы обеспечивают проверку и возвращение в исходное, либо удовлетворительное эксплуатационное состояние (соответствующее пределам и условиям эксплуатации) тех структур, систем и компонентов, которые были затронуты в ходе выполнения их работы, а персонал смены проводит проверку вышеназванных действий.

Планирование работы, остановов, ремонтов и испытаний должно быть скоординировано между сменным персоналом, бригадой, (группой) технической поддержки и ремонтными бригадами для обеспечения безопасности АЭС и ее соответствия пределам и условиям безопасной эксплуатации.

Эксплуатирующая организация обязывает административное руководство АЭС проводить регулярные (по специально составленному графику) обходы рабочих мест и территории АЭС.

Целями данных обходов являются:

- контроль за состоянием оборудования и систем АЭС;
- контроль за соблюдением персоналом требований и мероприятий по безопасной эксплуатации систем и оборудования АЭС;
- контроль за организацией работ по эксплуатации систем и оборудования АЭС на каждом конкретном рабочем месте;
- контроль за организацией рабочих мест персонала с точки зрения удобства и безопасности выполнения персоналом своих функций по управлению системами и оборудованием АЭС;
- контроль за организацией взаимодействия персонала смены АЭС;
- получение информации непосредственно от персонала, осуществляющего контроль и управление системами и оборудованием АЭС, о полноте и достаточности принимаемых администрацией АЭС мер по безопасному ведению технологического процесса на АЭС, а также замечаний и

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	137
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

предложений персонала по различным аспектам, включая аспекты управления ЧФ.

В целях минимизации влияния человеческого фактора на безопасность и надежность эксплуатации АЭС ЭО организует разработку и выпуск типовых бланков переключений на системах и оборудовании АЭС, на основании которых будут выпускаться бланки переключений для конкретных операций на системах и оборудовании АЭС, гарантирующие безопасный порядок и методику проведения работ. Проведение переключений на системах и оборудовании АЭС будет производиться по этим бланкам.

Работы, связанные с нетиповыми переключениями на системах и оборудовании АЭС, например при проведении отдельных, непредусмотренных регламентом эксплуатации, испытаний оборудования и систем АЭС, проводятся по отдельным, специально разработанным программам и методикам.

Ядерно- и радиационно-опасные работы и связанные с ними режимы эксплуатации производятся только по специальным программам, утверждаемым в надзорном органе государства.

Любые испытания на реакторной установке, не предусмотренные технологическим регламентом эксплуатации, инструкциями по эксплуатации реакторной установки, инструкциями по эксплуатации систем и оборудования реакторной установки, проводятся по программам и методикам, содержащим в обязательном порядке обоснование ядерной безопасности и меры по ее обеспечению и согласованным с Научным Руководителем, Генеральным конструктором реакторной установки, Генеральным проектировщиком АЭС и Надзорными органами государства. На время таких испытаний эксплуатирующая организация обеспечивает назначение руководителей и ответственных за проведение испытаний с четким указанием их прав и обязанностей.

Перед проведением таких работ персонал, участвующий в них, должен быть ознакомлен с программами и методиками их проведения; при этом руководитель работ/испытаний и старшее оперативное лицо смены, участвующей в испытаниях, обязываются получать полную уверенность в том, что все пункты программ и методик испытаний доведены до каждого конкретного исполнителя, адекватно ими восприняты, что у исполнителей нет неясностей и вопросов по программам и методикам испытаний, а также в том,

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	138
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

что все условия, в части готовности оборудования и систем АЭС к испытаниям, указанные в программе проведения испытаний, выполнены в полной мере.

Эксплуатирующая организация:

- организует разработку и выпуск документации, регламентирующей процедуру приема - сдачи смен оперативным (дежурным) персоналом АЭС, а также документацию, регламентирующую ведение оперативных переговоров, а также процедуру приема передачи команд и распоряжений (ведению оперативных переговоров) между персоналом смены АЭС;

- организует разработку и выпуск графиков ремонтов оборудования, в том числе и для возможности планирования подготовки персонала АЭС к проведению ремонтных работ;

- организует разработку и выпуск процедур регламентирующих порядок и правила вывода оборудования в ремонт, для обеспечения безопасного проведения данных работ с учетом влияния ЧФ при их проведении;

- организует проведение ремонтов на оборудовании АЭС по специальным документам (нарядам), в целях исключения несанкционированных действий ремонтного и оперативного (дежурного) персонала АЭС, которые могут повлечь нарушения пределов и условий безопасной эксплуатации; внедряет при организации и применении ремонтных работ на системах и оборудовании АЭС пошаговые процедуры выполнения этих работ;

- организует (при необходимости) обучение и подготовку персонала сторонних организаций, привлекаемых для проведения ремонтных работ на системах и оборудовании АЭС с учетом потребности в подготовке персонала подрядчика для обеспечения достаточной квалификации персонала подрядчика при выполнении назначенных ему задач. Результатом этого обучения должна быть гарантия того, что персонал подрядчика имеет необходимую квалификацию, прежде чем будет допущен к выполнению работ. Данное обучение направлено на обеспечение безопасного выполнения ремонтных работ;

- подготавливает в своем составе достаточное число сотрудников, обладающих необходимыми знаниями, навыками и прошедших подготовку для ведения надзора за работой персонала подрядчика и ее оценки. ЭО определяет персональный состав сотрудников эксплуатирующей организации, ведущих

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	139
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

такую работу по надзору за персоналом подрядчика и других временных вспомогательных работников;

- обеспечивает организационными методами условия того, что внешние, по отношению к АЭС, сотрудники, обеспечивающие предоставление услуг или консультаций, несмотря на то, что они могут нести персональную или профессиональную ответственность за оказываемые услуги или консультации, не должны иметь непосредственных полномочий власти над персоналом станции, если им на это специально не предоставляется право. Сотрудники АЭС в любом случае всегда будут нести ответственность за принятие решений после принятия во внимание всех аспектов и тщательного рассмотрения любого предоставленного специалистом совета;

- силами эксплуатационного персонала АЭС организует наблюдение за безопасным проведением ремонтными работными работ, в соответствии с установленным порядком и правилами, проводимыми на системах и оборудовании АЭС персоналом сторонних организаций;

- силами эксплуатационного персонала АЭС организует приемку выполненных ремонтных работ с целью контроля полноты и качества проведенного ремонта;

- организует анализ хода выполнения, сроков и качества ремонтных работ, в том числе и сточки зрения влияния ЧФ на ход этих работ и разработку корректирующих мероприятий и документов, направленных на повышение безопасности при проведении ремонтных работ на системах и оборудовании АЭС.

Эксплуатирующая организация организует работу и разрабатывает программу, направленную на проведение постоянного анализа опыта эксплуатации, как вводимой АЭС, так и других АЭС государства и мира. Одной из целей данного анализа является анализ влияния ЧФ на эксплуатацию АЭС и причин и следствий влияния ЧФ на эксплуатацию. Это позволяет эксплуатирующей организации оценивать слабые места в вопросах управления ЧФ и принимать меры по их модернизации.

Выводы, извлеченные из отраслевого и внутристанционного опыта, эксплуатирующая организация передает в подразделения, занимающиеся вопросами подготовки персонала для определения варианта обучения, который

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	140
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

должен использоваться для наиболее эффективного противодействия повторению событий, связанных, в том числе и с ЧФ и влияющих на безопасность.

Эксплуатирующая организация организует систематический анализ опыта эксплуатации АС с целью выявления всех причин, негативно влияющих на безопасность. В рамках этих работ ЭО, силами инспекции АЭС, расследует каждый случай негативного влияния на безопасность, либо предпосылок таковых. При этом ЭО применяет методы анализа состояния человека, для расследования событий, связанных с ЧФ. Расследование имеет своей целью представление руководству АЭС и ЭО рекомендаций для принятия соответствующих корректирующих мер.

Эксплуатирующая организация организует и проводит мероприятия по управлению безопасностью, которые включают в себя следующие аспекты, учитывающие влияние ЧФ на безопасность АС:

- выработку у персонала АЭС консервативных подходов к безопасности АЭС;
- выработку у персонала АЭС приверженности культуре безопасности при эксплуатации АЭС;
- приверженность персонала АЭС безусловному соблюдению требований всех нормативных документов, определяющих безопасную эксплуатацию АЭС.

Эксплуатирующая организация проводит работу с персоналом таким образом, чтобы весь персонал станции был стимулирован к сообщению о любых событиях, или предпосылках к событиям, имеющих отношение к безопасности станции. Весь персонал станции должен иметь возможность для сообщения о событиях или предпосылках к событиям, имеющих отношение к безопасности станции. В целом работа ЭО с персоналом АЭС направлена на безусловное выполнение персоналом требований культуры безопасности при эксплуатации АЭС.

Эксплуатирующая организация разрабатывает комплекс мер, исключая влияние сторонних лиц на эксплуатационный персонал при исполнении последним своих служебных обязанностей. В число таких мер входят:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	141
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- разработка должностных инструкций и процедур, которые исключают возможность «давления» административного руководства АЭС на оперативный (дежурный) персонал при исполнении им обязанностей по эксплуатации систем и оборудования АС;

- осуществление мероприятий, исключающих несанкционированное проникновение посторонних лиц в помещения рабочих мест эксплуатационного персонала;

- разработка процедур и правил доступа в помещения АЭС, в которых устанавливается селективность доступа персонала в определенные помещения АЭС;

- подбор и подготовка персонала, осуществляющего физическую защиту АЭС.

Эксплуатирующая организация проводит работу по мониторингу социальных вопросов персонала АЭС, включающую в себя сбор и анализ данных о социальных аспектах жизни персонала, таких как уровень заработной платы, по сравнению со средней по стране, обеспечение персонала благоустроенным жильем, условиями отдыха, социальной инфраструктурой и т.п. По результатам мониторинга ЭО принимает меры для поддержания высокого социального статуса персонала АЭС, тем самым, делая работу на АЭС привлекательной и обеспечивая условия для конкурсного отбора претендентов.

Эксплуатирующая организация определяет роли и обязанности внешних поддерживающих организаций (например, внешних ремонтных организаций, поставщиков, исследовательских институтов и организаций технической поддержки, медицинских и других учреждений) в том числе и в плане управления ЧФ. ЭО определяет их права и обязанности, в частности, в плане образовательной, технической, медицинской поддержки эксплуатационного персонала, так как поддерживающие организации играют значительную роль в эксплуатации станции и системе управления безопасностью эксплуатирующей организации. При этом общий контроль и ответственность за безопасность несет эксплуатирующая организация как лицензиат.

Эксплуатирующая организация проводит политику тесного сотрудничества с надзорным органом государства, в том числе и в вопросах

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	142
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

управления ЧФ. Все требования и предписания надзорного органа подлежат неукоснительному и своевременному выполнению.

Эксплуатирующая организация проводит политику сотрудничества с международными организациями в области использования атомной энергии и, исходя из этого, готова представить этим организациям данные об управлении ЧФ на АЭС, а также обеспечить проведение этими организациями проверок и инспекций. Рекомендации, данные этими организациями, по результатам проверок, ЭО использует для улучшения работы, в частности и работ по управлению ЧФ.

### 18.12.11 Основные принципы работы персонала

В своей работе с персоналом АЭС эксплуатирующая организация руководствуется государственными нормами и правилами, рекомендациями международных организаций в сфере использования атомной энергии, в частности рекомендациями МАГАТЭ.

Принцип эффективной работы персонала – способствовать установлению на всех уровнях организации образцов поведения, поддерживающих безопасную и надежную эксплуатацию станции.

Достижение высочайшего уровня работы персонала требует создания такой производственной среды, в которой работники и руководители постоянно демонстрируют образцы желаемого поведения. Взаимная требовательность, открытый обмен информацией и поощрение создают культуру, в которой работники, руководители и организационные факторы устраняют препятствия к эффективной работе персонала. В таких условиях сократится число серьезных нарушений в работе, вызванных ошибками персонала

Исходя из этого общего принципа, эксплуатирующая организация определяет следующие образцы поведения эксплуатационного персонала АЭС, при исполнении ими своих служебных обязанностей.

Персонал обменивается информацией для достижения общего понимания. Персонал осознает, что люди могут неправильно понимать важную информацию, особенно в условиях стресса или повышенного шума. Во время обмена информацией, например, при передаче смены, персонал аккуратно

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	143
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

передает важные и точные сведения, проверяя правильность понимания теми, кому информация была передана.

Персонал информирует своих коллег, начальников и руководителей о проблемах, которые могут возникнуть при выполнении задания. Потенциальные проблемы могут быть определены во время инструктажа перед выполнением работы, особенно если при этом обсуждаются предыдущий опыт эксплуатации и меры безопасности. Когда возникает или выявляется проблема, необходимая информация доводится до сведения других работников с тем, чтобы необходимые улучшения были сделаны в части мер безопасности или условий производства работ или в части организации труда. В свою очередь, персонал сообщает своим руководителям о личных обстоятельствах, которые могут ограничить их способность к успешному труду, особенно в части работ, важных для безопасности станции и персонала.

Персонал применяет эффективные методы коллективного труда, включая следующие образцы поведения:

- запрос необходимой информации;
- открытое обсуждение потенциальных проблем;
- разрешение конфликтов для нахождения наилучших решений;
- анализ работы коллектива для укрепления желаемых навыков коллективного труда;
- умение чувствовать разницу между нормальной и реальной ситуацией, а также любые изменения в процессе работы.

Персонал предупреждает возникновение ситуаций, чреватых ошибками, путем:

Самопроверки. При этом персонал эффективно применяет свои профессиональные знания и внимательно относится к деталям и ключевым моментам производственного задания. Персонал выполняет необходимые проверки, прежде чем приступить к действиям, могущим изменить состояние станции. Он убеждается в правильности выбранных для работы компонентов, и следит за тем, что используются правильные процедуры, инструмент и ресурсы. Персонал проверяет инструкции, оборудование, место работы и сроки, отведенные на выполнение задания. Он определяет запасные планы на случай

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	144
---	--	-----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

неожиданных ситуаций. Он также следит за фактическими реакциями систем, компонентов или технологических процессов и сравнивает их с ожидаемыми.

Взаимного контроля. При этом персонал активно и критически контролирует действия и намерения других работников. Критически анализирует причины для действий, идущих в разрез с условиями эксплуатации станции. Персонал понимает свою зависимость друг от друга в части предвидения ситуаций, чреватых ошибками.

Концентрации на выполняемой в данный момент задаче. Персонал обдумывает свою задачу, уделяя внимание, соответствующее ее значению для безопасности станции. Персонал внимателен в части отвлекающих факторов. Персонал особо учитывает свои возможности по выполнению задачи в части умственных и физических требований и способности работать в составе команды. Перед тем, как приступить к выполнению задания, персонал тщательно обдумывает свои шаги и основные моменты, требующие принятия решений.

Расчета на успех, но учета возможность неудачи. Понимая, что не все проблемы можно предусмотреть, персонал постоянно задается вопросом «а что, если?» Он проводит инструктажи перед началом работ, чтобы выявить наиболее вероятные ошибки и потенциальные проблемы, и принять необходимые меры защиты. Для таких инструктажей подбирается и используется соответствующий станционный и отраслевой опыт эксплуатации. Персонал избегает выполнения непосильных задач. Он внимательно относится к факторам, способным привести к самоуспокоенности, ошибкам и неблагоприятным последствиям. Персонал ответственно относится к порученному делу, стараясь довести каждую задачу до конца и достичь желаемых результатов, не допустив ошибок.

Предварительного обдумывания предстоящей работы. На всех этапах выполнения задания персонал предварительно обдумывает предстоящую работу. Он тщательно анализирует факторы, создающие нехватку времени, а также их потенциальное влияние на поведение людей, и по возможности устраняет эти факторы. Персонал действует осторожно, анализируя свои действия, и при необходимости готов приостановить работу. Он минимизирует факторы, способствующие стрессу на рабочем месте.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	145
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Персонал контролирует целостность защитных барьеров, применяя следующие меры:

Меры осторожности при следовании действующим процедурам. Персонал строго следует процедурам даже тогда, когда существуют более быстрые методы выполнения задания. Используя какую-либо процедуру, он постоянно опирается на свои профессиональные знания и основы теории. Это особенно важно, если режим работы станции отличается от того, на который рассчитана используемая процедура.

Критическое отношение к допустимости полного или частичного отключения систем безопасности. Персонал хорошо понимает необходимость консервативного подхода к безопасности активной зоны реактора, несмотря на желание выполнить производственные задачи.

Контроль важнейших параметров. Персонал определяет этапы и задачи, важные для безопасности реактора, и знает, когда нужно действовать осторожно и взвешенно. Перед выполнением действий, способных изменить состояние какой-либо системы или ее компонента, персонал контролируют важнейшие параметры, сравнивая показания разных приборов. Знание этих параметров помогает персоналу быстрее замечать ненормальные режимы работы

Прекращение работы и обсуждение с другими работниками при возникновении незнакомых или неожиданных режимов. Консервативные решения, направленные на перевод оборудования станции в известное безопасное состояние, принимаются персоналом без колебаний. При возникновении отклонений от нормальных режимов, персонал, перед тем как продолжать работу, запрашивает дополнительные инструкции. При необходимости он обращается к экспертам в соответствующей области, и перед продолжением работы проверяют правильность своих предположений. Работа прекращается при возникновении любых сомнений. (Это, однако, не должно мешать персоналу принимать необходимые меры в чрезвычайных ситуациях.)

Персонал совершенствует свои возможности путем:

Развития чувства личной ответственности. Персонал вырабатывает чувство личной ответственности к своей работе, карьере и всей станции. Он активно использует каждую возможность улучшить свои знания, навыки, умения

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	146
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

работать в коллективе, а также физические и моральные качества, необходимые для успешного выполнения каждой задачи, для которой они аттестованы.

Знания и понимания факторов, влияющих на поведение людей. Персонал использует все возможности для расширения знаний о принципах работы персонала, типичных ошибок и опыте эксплуатации. Это повышает их способность принимать правильные решения с учетом производственной задачи, рабочей обстановки, индивидуальных возможностей и человеческой природы.

### 18.12.12 Улучшение работы персонала на основе опыта эксплуатации

Руководство эксплуатирующей организации и АЭС создают условия для постоянного улучшения работы персонала. В частности, предусматриваются следующие меры.

Извлечение уроков из незначительных нарушений и нарушений, которых удалось избежать. В отношении отчетов о нарушениях в работе других АЭС руководители напоминают всем, что «это могло бы случиться и у нас».

Анализ предвестников нарушений является эффективным методом выявления причин, что позволяет свести количество нарушений к минимуму. Поощряются работники, которые учатся на собственных и чужих ошибках. Уроки нарушений и их применимость для конкретных задач своевременно доводятся до сведения персонала.

Анализ ошибок, которые могли произойти, является частью программ обучения. Внедряются процедуры, позволяющие определять причины ошибок. Эти процедуры включают следующие элементы: сообщение о незначительных нарушениях и нарушениях, которых удалось избежать:

- расследование отдельных нарушений, тенденций или общих признаков нарушений с использованием различных методов анализа коренных причин;
- утверждение корректирующих мер и контроль над их выполнением;
- анализ тенденций причин и корректирующих мер, включая и те нарушения, которые удалось избежать;
- оценка эффективности корректирующих мер.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	147
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Руководители создают обстановку, в которой работники не боятся, что их обвинят в плохой работе и накажут, если они сообщат о допущенной ошибке. Наряду с работниками, вовлеченными в событие, расследование может затрагивать линейных руководителей и начальников, контролирующих работу персонала, работников смежных подразделений, представителей учебных центров.

Руководство эксплуатирующей организации и АЭС внедряют программы корректирующих мер со следующими характеристиками:

- устранение причин как несущественных, так и значительных нарушений (Нарушения, не повлекшие за собой никаких последствий, часто имеют те же причины, что и события с последствиями);

- проверка соответствий корректирующих мер фактическому поведению человека в момент совершения ошибки; т.е. определение, в чем коренилась ошибка – в навыках, в правилах или в знаниях;

- проверка корректирующих мер на предмет создания новых ситуаций, чреватых ошибками, или ослаблению мер безопасности;

- оценка повторяющихся корректирующих мер с такой же тщательностью, как и повторяющиеся нарушения (Повторяющиеся нарушения указывают на сохраняющееся наличие неустраненных организационных недостатков).

Руководство эксплуатирующей организации и АЭС использует упреждающие и ответные меры для повышения эффективности работы персонала. Руководители стимулируют постоянное повышение эффективности работы персонала, используя как упреждающие, так и ответные меры. Ответные меры используют оценку тенденций и анализ нарушений и событий без последствий. Упреждающие же меры основаны на периодической проверке вопросов безопасности, условий на рабочих местах, а также организационных факторов еще до того, как случится нарушение. Персонал информируется о результатах проверок, понимание переданной информации проверяется и запрашивается мнение работников о достаточности корректирующих мер.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	148
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

### 18.12.13 Развитие культуры безопасности

Любой вид человеческой деятельности можно охарактеризовать уровнем культуры ее выполнения: требованиями, которые соблюдаются, методами, которые используются, и принципами, которыми руководствуются при выполнении задач деятельности. Культуру выполнения можно оценить, например, при проведении закупок, подрядных торгов, аудитов, инспекций, отбора персонала.

С этих позиций, культура безопасности определяется тем, как в организации руководство и персонал следуют установленным в области обеспечения безопасности "Требованиям", "Методам" и "Принципам" при планировании, организации и проведении работ по эксплуатации и техническому обслуживанию АЭС (см. рисунок 18.12.13.1).

Формирование и развитие культуры безопасности непосредственно базируется на требованиях, методах и принципах, которые должны быть определены в рамках основных процессов (программ) обеспечения безопасности (см. рисунок 18.12.13.2) интегрированной системы менеджмента организации (МАГАТЭ, 2014а).

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	149
---	--	-----

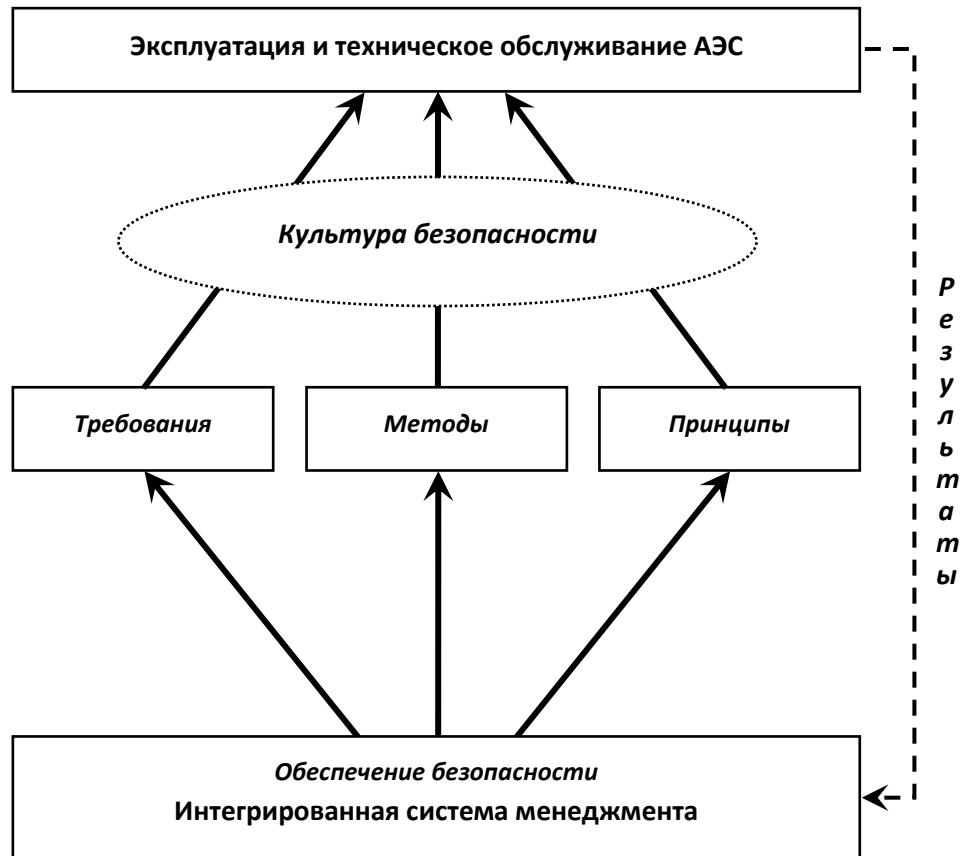


Рисунок 18.12.13.1 – Основные компоненты культуры безопасности.

Требования (стандарты, правила, нормы, ожидания руководства), методы (рабочие практики, процедуры, инструменты предупреждения неправильных действий) и принципы (основы эффективности внедрения и реализации организацией процессов и программ интегрированной системы менеджмента) в области обеспечения безопасности АЭС определяются нормативно-технической документацией, руководящими указаниями и рекомендациями международных организаций (например, МАГАТЭ и ВАО АЭС), регулирующих органов и отраслевых научно-исследовательских институтов. Требования, методы и принципы регламентируют деятельность всех сотрудников организации, от высшего руководства до персонала передней линии, обеспечивая надлежащий уровень безопасности и надежности эксплуатации АЭС.



Рисунок 18.12.13.2 – Основные программы обеспечения безопасной и надежной эксплуатации АЭС.

ЭО определяет требования, методы и принципы в области обеспечения безопасности для каждого процесса и программы интегрированной системы менеджмента, опираясь на действующие руководящие указания и рекомендации.

Общие принципы сильной культуры ядерной безопасности определены в документах ВАО АЭС (2006):

- каждый лично отвечает за ядерную безопасность;
- руководители демонстрируют приверженность принципам безопасности;
- организация пронизана доверием;
- принятие решений отражает приоритет безопасности;

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- ядерная технология признается особенной и уникальной;
- прививается критически взвешенное отношение;
- имеет место организационное обучение;
- ядерная безопасность проходит постоянные проверки.

Международный опыт внедрения и поддержания программ и процессов в области обеспечения безопасности производства, в значительной степени опирающихся на изменения в поведении человека, высветил центральную роль приверженности руководителей всех уровней организации вопросам безопасности, а также вовлеченности персонала организации в решение этих вопросов. Последнее определяется атмосферой доверия и уважения, сформированной и поддерживаемой руководством на всех уровнях организации.

Принцип сильной культуры безопасности "Организация пронизана доверием" предполагает, что ЭО установлен высокий уровень доверия, существует свободный поток информации, в котором поднимаются и рассматриваются проблемные вопросы и персонал ЭО информируется о мерах, предпринятых в ответ на высказанные озабоченности. ЭО следует стремиться, чтобы атмосфера доверия в организации характеризовалась следующими признаками (ВАО АЭС, 2006):

- К людям относятся с достоинством и уважением;
- Персонал может поднимать вопросы ядерной безопасности без боязни наказания и быть уверенным, что затронутые вопросы будут рассмотрены;
- Ожидаются и поддерживаются предлагаемые персоналом инновационные идеи, направленные на решение проблем;
- Отличающиеся мнения приветствуются и уважаются. Если необходимо, применяются беспристрастные и объективные методы решения конфликтов и неурегулированных отличающихся профессиональных мнений;
- Непосредственные руководители умеют честно и открыто отвечать на вопросы своего персонала. Они рассматриваются как важная часть руководящей команды, критичная для перевода культуры безопасности в практические понятия;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	152
---	--	-----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- Влияние предстоящих изменений (таких как продажа или поглощение, пересмотр контракта договаривающейся стороной, хозяйственная реструктуризация) предусматривается и управляется таким образом, чтобы сохранялось доверие в организации;

- Программы вознаграждений высшего руководства отражают тенденцию долгосрочной работы и безопасности станции;

- Полная, точная и откровенная информация предоставляется надзорным, аудиторским и регулирующим органам;

- Руководители регулярно доводят до сведения рабочих важные решения и их основы, используя коммуникацию как способ построения доверия и укрепления процветающей культуры безопасности. Понимание со стороны рабочих периодически проверяется.

Вторым важным фактором, который определяет вовлеченность персонала в решение вопросов безопасности, является приверженность руководства всех уровней организации вопросам обеспечения безопасности, которую они демонстрируют как на словах, так и на деле. Руководство ЭО следует этому принципу сильной культуры безопасности, который характеризуется следующими признаками (ВАО АЭС, 2006):

- Руководители и начальники на практике осуществляют наглядное руководство путем "присмотра за проблемой", наставничества, курирования и упрочения стандартов. Отклонения от ожиданий быстро исправляются;

- Руководство учитывает точку зрения работников при рассмотрении и анализе проблем;

- Руководители и начальники обеспечивают должный надзор во время проведения важных с точки зрения безопасности испытаний или переключений;

- Руководители и начальники лично вовлекаются в процесс обучения, что последовательно укрепляет ожидаемое поведение работников;

- Руководители понимают, что производственные задачи, в случае неправильного доведения до сведения, могут подавать двойственные сигналы относительно важности ядерной безопасности. Они щепетильны в вопросах выявления и предупреждения такого неправильного понимания;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	153
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- Основы, ожидаемые результаты, потенциальные проблемы, планируемые непредвиденные обстоятельства и критерии прекращения для важных эксплуатационных решений быстро доводятся до сведения работников;

- Неофициальные лидеры в организации поддерживаются в стремлении формировать безопасное поведение и воздействовать на товарищей для соответствия высоким стандартам;

- Отбор и оценка руководителей и начальников учитывают их способности внести вклад в сильную культуру ядерной безопасности.

ЭО разрабатывает программы обучения в области культуры безопасности для персонала АЭС с рассмотрением следующих аспектов:

- роль человеческого фактора в обеспечении безопасной эксплуатации АЭС (INPO, 2006a; DOE, 2009a; IAEA, 2001, 2005a; ВАО АЭС, 2002);

- факторы, способствующие неправильным действиям человека при выполнении работ, включая интерфейсы "Человек-Система", процедуры, программы обучения и функциональная готовность персонала к работам, а также планирование, организация, выполнение и контроль за работами, инструменты и СИЗ, условия на рабочем месте (NRC, 1983a; INPO, 2006a; DOE, 2009a);

- методы предупреждения неправильных действий человека при выполнении работ (INPO, 2006b, 2007; DOE, 2009b; ВАО АЭС, 2009a, 2009b);

- система сообщений о недостатках и несоответствиях, а также о неправильных действиях, допущенных при выполнении работ, например, в рамках процесса учета опыта эксплуатации (МАГАТЭ, 2005b; IAEA, 2003, 2005b, 2007b, 2008a, 2008b, 2010, 2012; ВАО АЭС, 2003).

#### **18.12.14 Основные технические мероприятия по минимизации влияния ЧФ**

К техническим мероприятиям по исключению (снижению) влияния человеческого фактора на безопасность и надежность эксплуатации АЭС относятся следующие мероприятия, проводимые эксплуатирующей организацией своими силами или силами привлекаемых организаций, имеющих лицензии на данный вид деятельности:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	154
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- анализ проектных решений, направленных на предотвращение (ограничение) ошибочных действий персонала при эксплуатации АЭС, на предмет их необходимости и достаточности. Таковыми решениями могут являться заложенные в проект решения по многоступенчатости управляющих действий персонала при проведении переключений на системах и оборудовании АЭС, перевод каналов технологических защит и блокировок в сработавшее состояние при попытке их несанкционированного вывода из работы (отключения) и т.п. По результатам анализа принятых проектных решений эксплуатирующей организацией принимается решение о внесении изменений (дополнений) в проект АЭС, в вышеприведенной части;

- организация и выполнение, в рамках работ по организации рабочих мест персонала АЭС, технических мероприятий по недопущению ошибочных (несанкционированных) действий персонала по эксплуатации оборудования и систем АЭС. Таковыми мерами, принимаемыми на основе анализа действий персонала при эксплуатации АЭС, могут быть установка защитных колпаков на ключи управления, нанесение предупреждающих надписей на определенные участки панелей и пультов и т.п.;

- организация, в рамках проектных решений или отдельно от проекта АС, системы видеонаблюдения за критически важным оборудованием АС и рабочими местами персонала;

- организация, в рамках курирования строительно-монтажных работ, системы маркировки помещений и оборудования АЭС, исключающую неадекватное понимание персоналом маркировки оборудования и систем АЭС и соответствующую принятым государственным и (или) международным стандартам;

- организация и обеспечение ввода в эксплуатацию до проведения пусконаладочных работ (ПНР) на АЭС полномасштабного тренажера (ПМТ), а также иных технических средств обучения персонала;

- организация на основании анализа безопасной эксплуатации АЭС работ по созданию необходимых при эксплуатации АЭС технических средств поддержки персонала. Таковыми средствами могут быть системы «поддержки (совета) оператора(у)» на основе компьютерной техники, системы архивации и ведения оперативной документации в электронном виде и т.п.;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	155
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- организация работы по модернизации систем и оборудования АЭС с учетом государственного и мирового опыта эксплуатации АЭС, направленной на повышение безопасности АЭС и исключению (снижению) влияния ЧФ на безопасность и надежность эксплуатации;

- проведение работы по организации рабочих мест персонала АЭС. Данная работа включает в себя оценку организации рабочих мест с точки зрения эргономики, полноты и качества оборудования необходимым инструментарием и документацией и т.п. Исходя из опыта эксплуатации эксплуатирующая организация проведет анализ факторов, влияющих на обстановку на рабочих местах персонала с целью оценки полноты и достаточности принятых в проекте мер по:

1) достаточности и адекватности ресурсов рабочих мест для контроля, управления и других работ, выполняемых на рабочих местах эксплуатационным персоналом;

2) достаточности и адекватности освещенности, температурных и иных параметров рабочих мест, а также доступности средств контроля и управления на рабочих местах;

3) достаточности и адекватности световой и звуковой сигнализации, включая такие факторы, как количество сигналов, их расположение, группировка, цветовые коды, громкость и тональность звука;

4) достаточности и адекватности средств оповещения и связи, а также качество устройств оповещения и связи в плане разборчивости поступающих сообщений.

По результатам проведенного анализа эксплуатирующая организация разрабатывает пакет технических мероприятий для устранения замечаний по организации рабочих мест персонала, включая устранение замечаний, по данному вопросу.

Эксплуатирующая организация организует и проводит, с помощью современных технических медицинских средств и инструментов, ежедневное текущее медицинское освидетельствование сменного (дежурного) АЭС, из числа определенного государственными нормативными документами перечня, на предмет его готовности к исполнению служебных обязанностей по управлению системами и оборудованием АЭС.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	156
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Эксплуатирующая организация широко использует международный опыт по управлению ЧФ с помощью технических мер и средств. На основании анализа международного опыта в данной области эксплуатирующая организация внедряет на АЭС передовые мировые технические решения по управлению ЧФ.

### 18.13 Мониторинг показателей деятельности человека

#### 18.13.1 Основные цели и задачи

Программа мониторинга деятельности человека (выполнения персоналом рабочих заданий) помогает обеспечить разумную гарантию в том, что уверенность, достигнутая благодаря выполнению детальной программы HFE, завершившейся верификацией и валидацией проекта пункта управления и интегрированной системы, сохраняется в течение времени. ЭО следует иметь достаточно доказательств в том, что персонал сохраняет знания, навыки и способности, необходимые для выполнения своих рабочих заданий и действий. Кроме того, проводимые на станции модернизации гарантируют, что не происходит неожиданного снижения безопасности станции.

ЭО разрабатывает программу мониторинга деятельности человека:

- для обеспечения надлежащей уверенности в том, что выводы, сделанные при валидации интегрированной системы, остаются в силе со временем;
- для гарантирования, что не произойдет существенного снижения безопасности из-за каких-либо изменений, внесенных в систему и оборудование станции.

ЭО может включить эту программу мониторинга в свою программу выявления и устранения проблем (например, в процесс учета опыта эксплуатации или в программу корректирующих мер), а также в свою программу обучения. Программа для мониторинга деятельности человека будет использоваться в течение всего жизненного цикла эксплуатации АЭС. Кроме этого ЭО разрабатывает план реализации для мониторинга деятельности человека после того, как станция будет введена в эксплуатацию.

Объем программы ЭО по мониторингу деятельности человека обеспечивает разумную уверенность в том, что:

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	157
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- персонал может эффективно использовать внедренный проект, в том числе на БПУ, а также при взаимодействии между БПУ, МПУ и ЦТП;

- изменения, внесенные в HSIs, процедуры и программы обучения, не влияют негативно на деятельность человека, например, они не влияют на ранее усвоенные знания и навыки;

- важные действия человека могут быть выполнены в рамках установленных временных критериев и показателей деятельности;

- поддерживается приемлемый уровень выполнения работ, установленный во время валидации интегрированной системы.

ЭО разрабатывает и документирует программу мониторинга деятельности человека, нацеленную на отслеживание трендов показателей выполнения работ человеком после того, как станция введена в эксплуатацию, или после того, как были внесены изменения, чтобы продемонстрировать, что показатели деятельности соответствует тому, что предполагалось в различных анализах, которые проводились для обоснования изменений. Следует инициировать программу с начальной загрузки топлива в реактор.

ЭО может интегрировать или координировать свои мониторинги результатов деятельности для изменений, принятых с учетом информации о потенциальных рисках, с существующими программами для мониторинга деятельности персонала, такими как программа обучения лицензированного оператора, и программа корректирующих мер (процесс учета опыта эксплуатации).

ЭО структурирует программу таким образом, что:

- уровень мониторинга действий человека был соизмерим с их важностью для безопасности;

- обратная связь на полученную информацию и по корректирующим действиям доводилась своевременно;

- ухудшения показателей деятельности можно было обнаружить и исправить до того, как они поставят под угрозу безопасность станции (например, с помощью тренажера станции во время периодических тренажерных занятий).

Измерение показателей работы станции или персонала в реальных условиях реализации проекта может быть затруднительно. Когда эти условия не

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	158
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

могут быть смоделированы, отслежены или оценены, ЭО использует имеющуюся информацию, которая наиболее точно приближает данные о деятельности в реальных условиях.

ЭО включает в программу положения, касающиеся определения конкретных причин снижения показателей деятельности и отказов, выполнение корректирующих мер, а также анализа их тенденций. В частности, программа содержит:

- определение и рассмотрение значимости отказов, обстоятельств, связанных с отказами или ухудшением показателей деятельности, характеристик отказов, а также того, является ли это следствием отказа по общей причине;
- определение причины и разработку корректирующих мер, необходимых для предотвращения повторений значимых отказов и ухудшений показателей деятельности;
- определение и обеспечение реализации любых корректирующих мер, необходимых для предотвращения повторения недопустимых отказов или снижения показателей деятельности;
- положения по анализу тенденций снижения показателей деятельности и отказам.

### 18.13.2 Оценка деятельности руководителей и специалистов

Оценка это структурный процесс, который использует объективные данные для обеспечения непрерывной обратной связи.

Основной целью оценки деятельности руководителей и специалистов непрерывное усовершенствование их деятельности и работы АЭС в целом. Поэтому система оценки основывается на интеграции двух типов оценок выполнения и обратной связи: (1) данных, касающихся деятельности конкретных руководителей и (2) данных, касающихся функционирования станции в целом, которое является конечным измерением успеха руководителя.

Эксплуатирующая организация может устанавливать чёткие критерии оценок для руководителей и специалистов. Наличие определенных технических и управленческих критериев обеспечивает наилучшую возможную базу для системы оценки. Точный набор технических и управленческих критериев

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	159
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

выделяет требования к деятельности руководителя и стандарты для всех уровней специалистов.

Процесс оценки необходимо использовать как механизм создания процесса непрерывного повышения квалификации, развития компетенции и знаний всех руководителей и специалистов. Необходимо, чтобы руководители отводили определенное время на работу со своим персоналом, обучали его и обеспечивали ежедневную обратную связь для анализа результатов усилий.

Формальные периодические оценки деятельности служат неотъемлемой частью процесса оценки, так как они обеспечивают метод измерения и документирования деятельности.

Следующие характеристики следует принимать во внимание при рассмотрении существующих систем оценки деятельности:

- наличие ясной и прямой ассоциации между критериями качества работы, уровнем выполнения работы и любыми индивидуальными действиями по развитию;
- в полной мере используются в оценке и индивидуальная деятельность руководителей и специалистов, и показатели работы станции в целом;
- обратная связь по деятельности непрерывна, и система не опирается исключительно на периодические оценки типа ежегодных, полугодовых, или ежеквартальных;
- существует прямая связь между оценкой выполнения работ и поощрениями;
- входящие данные по индивидуальной оценке поступают не только от начальников, но также и от сотрудников, подрядчиков, через непосредственные отчеты;
- оценка деятельности связана с индивидуальными программами повышения квалификации или другими системами усовершенствования.

Системы признания и поощрения рекомендуется встроить в системы оценки. Поощрения могут быть как материальными, так и нематериальными.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	160
---	--	-----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

### 18.13.3 Систематический подход к анализу и оценке деятельности

Модель систематического подхода к развитию программ для выбора, развития знаний и оценке руководителей и специалистов АЭС основана на систематических подходах, используемых в настоящее время организациями по использованию ядерной энергии. Модель содержит четыре основных шага действий:

- выполнение анализа для определения знаний и навыков, необходимых руководителям и специалистам АЭС, для выполнения их работы;
- проектирование и разработка процесса подбора, развития и оценки, необходимых для найма и продвижения руководителей и специалистов;
- внедрение программ эффективным и своевременным способом;
- оценка эффективности программы посредством оценки деятельности конкретных руководителей.

Модель систематического подхода к развитию программ для выбора, развития знаний и оценке руководителей и специалистов АЭС представлена на рисунке 18.13.3.1.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	161
---	--	-----

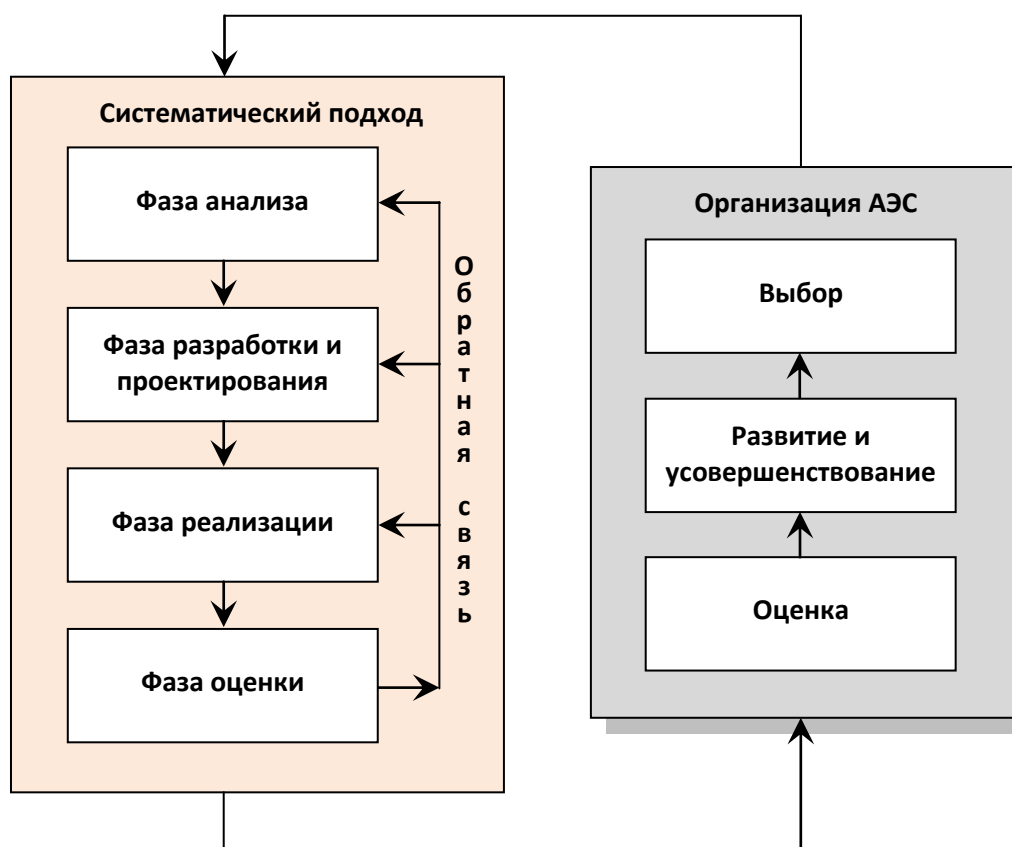


Рисунок 18.13.3.1 – Модель систематического подхода к развитию программ для выбора, развития знаний и оценке руководителей и специалистов АЭС

Основными факторами, влияющими на знания, компетенцию руководителей и специалистов АЭС, являются:

- организационная культура, которая представляет собой то, как выполняются действия в соответствии с целями, задачами АЭС, системой технической эксплуатации и ценностями организации;
- культура безопасности - необходимая ориентация, чтобы эксплуатировать станцию консервативным, надежным образом;
- требования, на которые влияет деловая окружающая среда, требования надзорных органов, общая политика, и организационная культура;
- регулирующие требования, которые диктуются внешними организациями;

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- технические требования к должностям - понимание технологии и управления, которые необходимы для эксплуатации атомной электростанции;
- корпоративная политика - правила, которые исходят из эксплуатирующей организации и ею установлены.

Подбор. Идеально необходимо разработать несколько, дополняющих друг друга методов подбора. Эти методы следует периодически пересматривать, чтобы гарантировать, что они приводят к выбору успешных руководителей.

Разработка. При планировании способов разработки, следует принять во внимание то, как руководители могут лучше всего достигать требуемых знаний и компетенции. План общей программы может включать элементы формального обучения, обучения на рабочем месте, ротации и назначения на новые должности, повышение квалификации и наставничество.

Оценка. Это способ, которым руководители и специалисты оцениваются. Оценка руководителей и специалистов обычно делается через ежедневную обратную связь. Трудность при использовании этого метода состоит в том, что процесс является более субъективным, чем объективными.

#### 18.13.4 Надзорная деятельность

Эксплуатирующая организация организует в структуре управления АЭС отдел надзора, включающий в себя инспекторские должности по разным видам безопасной эксплуатации АЭС (технической безопасности, радиационной безопасности, ядерной безопасности и т.п.).

Задачей данного подразделения является контроль за безопасной и надежной эксплуатацией АЭС, а также анализ нарушений безопасной эксплуатации, и разработка мер по повышению безопасной эксплуатации и недопущению повторений нарушений безопасной эксплуатации АЭС.

Эксплуатирующая организация определяет обязанности и разрабатывает квалификационные критерии и требования к подготовке персонала, выполняющего инспекционные проверки и анализ опыта эксплуатации. Эксплуатирующая организация производит отбор персонала в состав отдела инспекции из числа лиц, обладающих знаниями о проекте, процедурах и эксплуатации станции. Эксплуатирующая организация организует для персонала, проводящего инспекцию и расследование аномальных событий,

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	163
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

обучение методам анализа коренных причин, таким как: расследование аварий, анализ человеческого фактора (включая организационные факторы), анализ надзора со стороны руководства и дерева рисков, анализ изменений, анализ барьеров.

Отделом надзора АЭС разрабатывается график проверок персонала, включая проведение инспекций на рабочих местах персонала АЭС. В соответствии с графиком отделом надзора проводится инспектирование персонала АЭС. В ряде случаев (после выявленных нарушений требований и условий безопасной эксплуатации или имевших место нарушениях на других АЭС и т.п.) проводятся внеочередные инспекционные проверки.

Эксплуатирующая организация организует непрерывный контроль, анализ и управление эффективностью и безопасностью работы АЭС и персонала АЭС, путем проведения инспекций служб и отделов АЭС, а также персонала, анализа произошедших отклонений от режимов нормальной эксплуатации и их предпосылок, включая инциденты, произошедшие на других АЭС, в том числе и зарубежных, организации выпуска корректирующих мероприятий и процедур, направленных на повышение безопасности и надежности работы АЭС.

Эксплуатирующая организация по результатам анализов и инспекций эффективности и безопасности работы АЭС и персонала АЭС организует своевременное внесение в эксплуатационную документацию изменений и дополнений, направленных на повышение надежности и безопасности эксплуатации АЭС.

При имевших место отклонениях и нарушениях переделов и условий нормальной эксплуатации АЭС, или предпосылок к таковым, произошедших как по вине персонала АЭС, так и по иным причинам, эксплуатирующая организация силами надзорной службы и других служб АЭС организует комиссионное расследование инцидента. Целями данного расследования являются:

- установление коренной причины возникновения инцидента;
- установление степени влияния человеческого фактора на возникновение инцидента и его развития и ликвидации;
- анализ действий персонала во время, предшествовавшее возникновению инцидента, а также во время инцидента и его развития и ликвидации;

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	164
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

- анализ работы систем и оборудования АЭС во время, предшествовавшее возникновению инцидента, а также во время инцидента и его развития и ликвидации.

На основании проведенных анализов, надзорной службой АЭС готовятся материалы для руководства АЭС и эксплуатирующей организации, содержащие в себе выводы комиссионного расследования о причинах и следствиях инцидента, действиях персонала по управлению и ликвидации инцидента, их необходимости и достаточности, влиянии ЧФ на возникновение, протекание и ликвидацию инцидента, работе оборудования и систем АС во время инцидента и.т.п.

Также для руководства АЭС и эксплуатирующей организации готовятся предложения о необходимых технических и организационных мероприятиях, направленных на недопущение повторения данного инцидента и мерах по снижению влияния ЧФ на возникновение подобного типа инцидентов в будущем.

#### **18.14 Перечень нормативно-справочной документации**

Всемирная ассоциация операторов АЭС. Принципы эффективной работы персонала. WANO GL 2002-02. ВАО АЭС, 2002.

Всемирная ассоциация операторов АЭС. Руководство по опыту эксплуатации на атомных электростанциях. WANO GL 2003-01. ВАО АЭС, 2003.

Всемирная ассоциация операторов АЭС. Принципы сильной культуры ядерной безопасности. WANO GL 2006-02. ВАО АЭС, 2006.

Всемирная ассоциация операторов АЭС. Инструменты обеспечения качества работы персонала. Положительная практика. WANO GP ATL-08-002. ВАО АЭС, 2009а.

Всемирная ассоциация операторов АЭС. Инструменты обеспечения качества работы персонала для руководителей верхнего и среднего уровня. Положительная практика. WANO GP ATL-08-003. ВАО АЭС, 2009б.

ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	165
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

ГОСТ Р МЭК 61839-2011 (IEC 60964:2000) Атомные станции. Проектирование пунктов управления. Функциональный анализ и распределение функций.

ГОСТ Р МЭК 60964-2012 (IEC 60964:2009) Пункты управления. Проектирование. Атомные станции.

ГОСТ Р ИСО 11064-1-2015 (ISO 11064-1:2000) Эргономическое проектирование центров управления. Часть 1. Принципы проектирования.

ГОСТ Р ИСО 11064-7-2016 (ISO 11064-7:2006) Эргономическое проектирование центров управления. Часть 7. Принципы верификации и валидации.

Министерство Атомной энергетики и промышленности СССР. Основные положения по подбору, подготовке, допуску к работе и контролю в процессе эксплуатации персонала атомных станций. ОПКП АЭС-90, 2000.

Министерство здравоохранения Российской Федерации Приказ от 9 апреля 1997 года N 105 "О порядке проведения медосмотров и психофизиологических обследований работников объектов использования атомной энергии". Минздрав России, 1997.

Международное агентство по атомной энергии. Набор, квалификация и подготовка персонала для атомных электростанций. Руководство по безопасности. Серия изданий по безопасности, № NS-G-2.8. МАГАТЭ, 2005а.

Международное агентство по атомной энергии. Отслеживание тенденций низкоуровневых событий и случаев, близких к ошибкам, с целью улучшения состояния безопасности на атомных электростанциях. IAEA-TECDOC-1477. МАГАТЭ, 2005b.

Международное агентство по атомной энергии. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты. МАГАТЭ, 2008.

Международное агентство по атомной энергии. Система управления для ядерных установок. Руководство по безопасности. № GS-G-3.5. МАГАТЭ, 2014а.

Международное агентство по атомной энергии. Детерминистический анализ безопасности атомных электростанций. Специальное руководство по безопасности. № SSG-2. МАГАТЭ, 2014b.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	166
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Международное агентство по атомной энергии. Основные принципы безопасности атомных электростанций. 75-INSAG-3 Rev.1, INSAG-12. Доклад международной консультативной группы по ядерной безопасности. МАГАТЭ, 2015.

Приказ Министерства Российской Федерации по атомной энергии от 20.11.96 г. № 694 «О введении в действие Методических рекомендаций по организации и методам психологического обеспечения кадровой службы на предприятиях отрасли». Минатом России, 1996.

РД ЭО 0176-2000 Правила организации работы с персоналом на атомных станциях концерна "Росэнергоатом" (ПОРП-2000). Концерн "Росэнергоатом", 2003.

СТО 1.1.1.01.004.0644-2010 Положение о порядке комплектования и опережающей подготовки персонала для атомных станций. ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2010.

СТО 1.1.1.01.004.0441-2008 Программы подготовки на должность (профессию) и поддержания квалификации персонала атомных станций. Основные требования. ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2008.

BNL Technical Report 91017-2010. Human-System Interfaces to Automatic Systems: Review Guidance and Technical Basis. Brookhaven National Laboratory, 2010.

IEEE Std 845-1999 Guide to the Evaluation of Human-System Performance in Nuclear Power Generating Stations. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1999.

IEEE Std 1023-2004 Recommended Practice for the Application of Human Factors Engineering to Systems, Equipment, and Facilities of Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2004.

IEEE Std 1082-2017 IEEE Guide for Incorporating Human Reliability Analysis into Probabilistic Risk Assessments for Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017.

Electric Power Research Institute. Human Factors Guidance for Control Room and Digital Human-System Interface Design and Modification: Guidelines for

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	167
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

Planning, Specification, Design, Licensing, Implementation, Training, Operation, and Maintenance. EPRI, U.S. Department of Energy, 2004.

Institute of Nuclear Power Operations. Human performance reference manual. INPO 06-003. INPO, 2006a.

Institute of Nuclear Power Operations. Human performance tools for workers. General practices for anticipating, preventing, and catching human error during the performance of work. INPO 06-002. INPO, 2006b.

Institute of Nuclear Power Operations. Human performance tools for managers and supervisors. General practices for organizing, planning, monitoring, and feedback to promote excellence in human performance. INPO 07-006. INPO, 2007.

International Atomic Energy Agency. The Role of Automation and Humans in Nuclear Power Plants. IAEA-TECDOC-668. IAEA, 1992.

International Atomic Energy Agency. A systematic approach to human performance improvement in nuclear power plants: Training solutions. IAEA-TECDOC-1204. IAEA, 2001.

International Atomic Energy Agency. PROSPER guidelines: Guidelines for peer review and for plant self-assessment of operational experience feedback process. Services Series No 10. IAEA, 2003.

International Atomic Energy Agency. Human performance improvement in organizations: Potential application for the nuclear industry. IAEA-TECDOC-1479. IAEA, 2005a.

International Atomic Energy Agency. Effective corrective actions to enhance operational safety. IAEA-TECDOC-1458. IAEA, 2005b.

International Atomic Energy Agency. Deterministic Analysis of Operational Events in Nuclear Power Plants. IAEA-TECDOC-1550. IAEA, 2007a.

International Atomic Energy Agency. Best practices in identifying, reporting and screening operating experience at nuclear power plants. IAEA-TECDOC-1581. IAEA, 2007b.

International Atomic Energy Agency. Best practices in the utilization and dissemination of operating experience at nuclear power plants. IAEA-TECDOC-1580. IAEA, 2008a.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	168
---	--	-----



Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

International Atomic Energy Agency. Best practices in the organization, management and conduct of an effective investigation of events at nuclear power plants. IAEA-TECDOC-1600. IAEA, 2008b.

International Atomic Energy Agency. Best practices in the management of an operating experience programme at nuclear power plants. IAEA-TECDOC-1653. IAEA, 2010.

International Atomic Energy Agency. Low level events and near misses for nuclear power plants: Best practices. Safety Report Series No 73. IAEA, 2012.

International Atomic Energy Agency. Human Factors Engineering in the Design of Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide No. SSG-51. IAEA, 2019.

NEI 96-07, Appendix D. Supplemental Guidance for Application of 10 CFR 50.59 to Digital Modifications. Nuclear Energy Institute, 2018.

Swedish Nuclear Power Inspectorate. Verification and Validation of Human Factors Issues in Control Room Design and Upgrades. SKI Report 99:10. SKI, 1999.

U.S. Department of Defense. Human Engineering. Design Criteria Standard. MIL-STD 1472G. DOD, 2012.

U.S. Department of Energy. Human Factors Design Guidelines for Maintainability of Department of Energy Nuclear Facilities. UCRL-15673. U.S. DOE, 1985.

U.S. Department of Energy. Human performance improvement handbook. Volume 1: Concepts and principles. DOE-HDBK-1028-2009. DOE, 2009a.

U.S. Department of Energy. Human performance improvement handbook. Volume 2: Human performance tools for individuals, work teams, and management. DOE-HDBK-1028-2009. DOE, 2009b.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Clarification of TMI Action Plan Requirements. NUREG-0737. NRC, 1980.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Functional Criteria for Emergency Response Facilities. NUREG-0696. NRC, 1981.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Human Factors Acceptance Criteria for the Safety Parameter Display System. NUREG-0835. NRC, 1981.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	169
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Guidelines for the Preparation of Emergency Operating Procedures. NUREG-0899. NRC, 1982.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. The Allocation of Functions in Man-Machine Systems: A Perspective and Literature Review. NUREG/CR-2623. NRC, 1982.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications. NUREG/CR-1278. NRC, 1983a.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. A Methodology for Allocation of Nuclear Power Plant Control Functions to Human and Automated Control. NUREG/CR-3331. NRC, 1983b.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Task Analysis of Nuclear Power Plant Control Room Crews. Volume. 1. Project Approach and Methodology. NUREG/CR-3371. NRC, 1983c.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Task Analysis of Nuclear Power Plant Control Room Crews. Volume. 2. Data Results. NUREG/CR-3371. NRC, 1983d.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. A Status Report Regarding Industry Implementation of Safety Parameter Display System. NUREG-1342. NRC, 1989.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Techniques for Preparing Flowchart Format Emergency Operating Procedures. NUREG/CR-5228. Volume 1. NRC, 1989.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Techniques for Preparing Flowchart Format Emergency Operating Procedures. NUREG/CR-5228. Volume 2. NRC, 1989.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Human Factors Issues Associated with Advanced Instrumentation and Controls Technologies in Nuclear Plants. NUREG/CR-5439. NRC, 1990.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. The Impact of Environmental Conditions on Human Performance. A Handbook of Environmental Exposures. NUREG/CR-5680. Volume 1. NRC, 1994.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. The Impact of Environmental Conditions on Human Performance. A Critical Review of the Literature. NUREG/CR-5680. Volume 2. NRC, 1994.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	170
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Advanced Human-System Interface Design Review Guideline: General Evaluation Model, Technical Development, and Guideline Description. NUREG/CR-5908, Volume 1. NRC, 1994.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Advanced Human-System Interface Design Review Guideline: Evaluation Procedures and Guidelines for Human Factors Engineering Reviews. NUREG/CR-5908, Volume 2. NRC, 1994.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Human Factors Engineering Guidance for the Review of Advanced Alarm Systems. NUREG/CR-6105. NRC, 1994.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Local Control Stations: Human Engineering Issues and Insights. NUREG/CR-6146. NRC, 1994.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Integrated System Validation: Methodology and Review Criteria. NUREG/CR-6393. NRC, 1997.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Human Factors Engineering (HFE) Insights for Advanced Reactors Based Upon Operating Experience. NUREG/CR-6400. NRC, 1997.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Technical Basis and Implementation Guidelines for a Technique for Human Event Analysis (ATHEANA). NUREG-1624, Rev. 1. NRC, 2000.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Advanced Information Systems: Technical Basis and Human Factors Review Guidance. NUREG/CR-6633. NRC, 2000.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Computer-Based Procedure Systems: Technical Basis and Human Factors Review Guidance. NUREG/CR-6634. NRC, 2000.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Soft Controls: Technical Basis and Human Factors Review Guidance. NUREG/CR-6635. NRC, 2000.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Maintenance of Digital Systems: Technical Basis and Human Factors Review Guidance. NUREG/CR-6636. NRC, 2000.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	171
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Human-System Interface and Plant Modernization Process: Technical Basis and Human Factors Review Guidance. NUREG/CR-6637. NRC, 2000.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Advance Alarm Systems: Guidance Development and Technical Basis. NUREG/CR-6684. NRC, 2000.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Proposed Approach for Reviewing Changes to Risk-Important Human Actions. NUREG/CR-6689. NRC, 2000.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Review of Findings for Human Performance Contribution to Risk in Operating Events. NUREG/CR-6753. NRC, 2001.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. The Effects of Interface Management Tasks on Crew Performance and Safety in Complex, Computer-Based Systems: Overview and Main Findings. NUREG/CR-6690, Volume 1. NRC, 2002.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. The Effects of Interface Management Tasks on Crew Performance and Safety in Complex, Computer-Based Systems: Detailed Analysis. NUREG/CR-6690, Volume 2. NRC, 2002.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Human-System Interface Design Review Guidelines. NUREG-0700. NRC, 2002.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Good Practices for Implementing Human Reliability Analysis. NUREG-1792. NRC, 2005.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Knowledge & Abilities Catalogue for Nuclear Power Plant Operators: Pressurized Water Reactors. NUREG-1122, Rev. 2. NRC, 2007.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Guidance for the Review of Changes to Human Actions. NUREG-1764, Rev. 1. NRC, 2007.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Demonstrating the Feasibility and Reliability of Operator Manual Actions in Response to Fire. NUREG-1852. NRC, 2007.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Highly-Integrated Control Rooms - Human Factors Issues. DI&C-ISG-05, Rev.1. NRC, 2008.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	172
---	--	-----

Chapter 18. Human Factors Engineering	Глава 18. Учет человеческого фактора	Машин В.А., ОНИЦ "Прогноз". 2019.
---------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Human Factors Engineering Program Review Model. NUREG-0711 Rev.3. NRC, 2012.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Standard Review Plan. Chapter 18.0 Human Factors Engineering. NUREG-0800, Rev. 3. NRC, 2016.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. Operator Licensing Examination Standards for Power Reactors. NUREG-1021, Rev. 10. NRC, 2017.

Preliminary Safety Analysis Report (PSAR)	Предварительный отчет по обоснованию безопасности (ПООБ)	173
---	--	-----