
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р МЭК
61771 – 2012**

**АТОМНЫЕ СТАНЦИИ
Блочный пункт управления.
Верификация и валидация проекта**

**IEC 61771:1995
Nuclear power plants –
Main control-room –
Verification and validation of design
(IDT)**

Издание официальное

**М о с к в а
Стандартинформ
2012**

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184–ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 Подготовлен на основе аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4, который выполнен Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт атомных электростанций» (ОАО «ВНИИАЭС») и Автономной некоммерческой организацией «Измерительно-информационные технологии» (АНО «Изинтех»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от № - ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 61771 «Атомные станции. Блочный пункт управления. Верификация и валидация проекта» (IEC 61771:1995 «Nuclear power plants – Main control-room – Verification and validation of design»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

ВВЕДЕН ПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартиформ, 2012

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1	Область применения и назначение	1
2	Ссылки на нормативные документы	2
3	Определения	3
4	Верификация и валидация нового проекта БПУ	4
4.1	Общие принципы проектирования	4
4.2	Действия по верификации и валидации	5
4.3	Верификация функционального назначения	8
4.4	Валидация распределения функций	13
4.5	Верификация интегрированной системы БПУ	16
4.6	Валидация интегрированного БПУ	21
5	Верификация и валидация эволюционных проектов и усовершенствований	37
5.1	Общие положения	37
5.2	Верификация распределения функций	40
5.3	Валидация распределения функций	41
5.4	Верификация интегрированной системы БПУ	41
5.5	Валидация интегрированной системы БПУ	42
	Приложение А (справочное) Примеры подходов к оценке функциональных характеристик	44
	Приложение В (справочное) Средства оценивания	47
	Приложение С (справочное) Когнитивные аспекты	49
	Приложение D (справочное) Типичный метод оценивания.....	55
	Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации	66

АТОМНЫЕ СТАНЦИИ
Блочный пункт управления.
Верификация и валидация проекта

Nuclear power plants.
Main control- room.
Verification and validation of design

Дата введения – 2012 – –

1 Область применения и назначение

Настоящий международный стандарт определяет процедуры верификации и валидации для проекта системы блочного пункта управления (БПУ) атомных станций и дает критерии для верификации и валидации распределения функций и интегрированной системы БПУ.

Он описывает методы анализа и оценки рабочего пространства, измерительных приборов, органов управления и другого оборудования БПУ с точки зрения инженерной психологии, которая позволяет учесть как требования системы, так и возможности оператора. Кроме того, выявляются, оцениваются и реализуются мероприятия по модификации конструкции БПУ с целью устранения не отвечающих требованиям или неподходящих элементов.

Настоящий стандарт предназначен для новых проектов БПУ атомных станций или для усовершенствования (обновления или модернизации) проектов существующих БПУ. В последнем случае необходимо обратить внимание на выявление участков, подвергающихся изменениям. Стандарт должен применяться как к этим участкам, так и к их интеграции с БПУ в целом с учетом требований раздела 4 и в соответствии со спецификациями раздела 5.

Настоящий стандарт может также применяться для проектов других пунктов управления на атомных станциях. При верификации и валидации интегрированной системы человеко–машинного интерфейса рекомендуется, чтобы другие интерфейсы, такие как пункт дистанционного

останова и связанные с безопасностью местные пункты управления, испытывались одновременно с БПУ.

2 Ссылки на нормативные документы

Следующие нормативные документы содержат положения, которые через ссылки на них в этом тексте образуют положения этого международного стандарта. Во время публикации указанные издания были действующими. Все нормативные документы подвергаются пересмотру и стороны, участвующие в соглашениях, основанных на этом международном стандарте, приглашаются исследовать возможность применения самых последних изданий указанных ниже нормативных документов. Члены МЭК и ИСО ведут текущий учет всех находящихся в силе международных стандартов.

МЭК 60073:1991 Кодирование показывающих устройств и исполнительных механизмов с помощью цвета и других дополнительных средств (IEC 60073:1991, Coding of indicating devices and actuators by colours and supplementary means)

МЭК 60447:1993 Интерфейс человек – машина. Принципы приведения в действие (IEC 60447:1993, Man-machine interface – Actuating principles)

МЭК 60964:1989, Проектирование блочных пунктов управления атомных станций (IEC 60964: 1989, Design for control rooms of nuclear power plants)

МЭК 61226:1993 Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Классификация (IEC 61226:1993, Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Classification)

МЭК 61227:1993 Атомные станции. Блочный пункт управления. Органы управления оператора (IEC 61227:1993, Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls)

МЭК 61772:1995 Атомные станции. Блочный пункт управления. Применение дисплеев [IEC 61772: 1995, Nuclear power plant – Main control room – Application of Visual Display Unit (VDU)]

Руководство по безопасности МАГАТЭ 50-SG-D3:1980 Системы защиты и связанное с ними оборудование на атомных электростанциях (IAEA-Safety Guide 50-SG-D3:1980, Protection systems and related features in nuclear power plants)

Руководство по безопасности МАГАТЭ 50-SG-D8:1984 Системы контроля и управления атомных электростанций, связанные с безопасностью (IAEA-Safety Guide 50-SG-D8:1984, Safety-related instrumentation and control systems for nuclear power plants)

3 Определения

В настоящем международном стандарте применяются термины и сокращения, используемые в МЭК 60964 за исключением следующих:

3.1 текущий проект (current design): Состояние, в котором началось проектирование и строительство новой АС.

Для таких проектов настоящий стандарт применяется с надлежащим рассмотрением обстоятельств, обусловленных уже достигнутым на данный момент состоянием проекта, а также другими ограничениями.

3.2 новый проект (new design): Проектирование и строительство совершенно новой АС.

Для таких проектов настоящий стандарт применяется полностью.

3.3 модификация проекта (design modification): Весь диапазон модификаций существующей АС – от замены одного единственного устройства до изменения проекта в целом или его повторения там, где это возможно.

Для таких проектов настоящий стандарт применяется в той степени, которая соответствует рассматриваемой модификации проекта.

В случае повторения проекта проводится анализ, направленный на выявление существенных усовершенствований и любых серьезных отличий.

3.4 обновление проекта (design renewal): Проектирование совершенно нового БПУ или участка управления на существующей АС.

Для таких проектов настоящий стандарт применяется полностью.

3.5 экспертная группа (evaluation team): Группа людей различной специализации, ответственная за проведение анализа и оценивания.

3.6 распределение функций (function assignment): Распределение функций между человеком и автоматическими компонентами системы.

3.7 нарушение требований инженерной психологии (human engineering discrepancy): Отклонение от некоторого критерия, определяемого стандартом, установившейся практикой в области инженерной психологии, предпочтениями (или потребностями) оператора или характеристиками прибора (или оборудования), явно или неявно требуемого для выполнения оператором задачи.

3.8 ошибка человека (оператора) (human error (of operator)): Пропуск задачи либо ненадлежащее, неполное или выходящее за допустимые пределы исполнение человеком задачи с четко определенными критериями выполнения, не обусловленные отсутствием адекватной информации и возможностей управления.

3.9 процесс анализа (review process): Процесс проверки того, каким образом оснащение БПУ (информация, органы управления и др.) дает операторам возможность выполнять свои задачи по достижению соответствующих функциональных целей.

3.10 рабочая нагрузка оператора (operator workload): Совокупность профессиональных задач, возложенных на оператора в течение заданного времени. Выполняемые действия могут быть физическими, когнитивными, сенсорно-перцепционными, вербальными, конкретными или общими либо некоторой их комбинацией.

4 Верификация и валидация нового проекта БПУ

4.1 Общие принципы проектирования

Как описано в МЭК 60964, проектирование БПУ АС имеет две основные фазы – функциональное проектирование и детальное проектирование:

– в ходе функционального проектирования (раздел 3 МЭК 60964) определяются функции, подлежащие распределению между человеком и машиной. Этот процесс является многоступенчатым и включает в себя

четыре основных шага – функциональный анализ (предназначенный для определения всех функций, требуемых для работы станции), распределение функций между человеком и машиной, верификация и, затем, валидация распределения функций.

При разработке проекта нового БПУ должен быть проведен анализ с целью оптимизации распределения функций и задач, которые реализуют эти функции.

– в ходе детального проектирования (раздел 4 МЭК 60964) определяются планировка, условия внешней среды и функциональные характеристики БПУ. Этот процесс является многоступенчатым и включает в себя разработку функциональных требований к самому пункту управления, к процедурам, к подготовке персонала и проектной документации БПУ. Он заканчивается верификацией и, наконец, валидацией интегрированной системы БПУ.

4.2 Действия по верификации и валидации

Результат каждой из двух фаз общего процесса проектирования подлежит верификации и валидации. Цель этой деятельности состоит в оценке адекватности интерфейсов между оператором и технологическими процессами АС, обеспечиваемых пунктом управления.

В обязанности экспертной группы по верификации и валидации не входит переработка проекта БПУ.

Под верификацией и валидацией понимается следующее (МЭК 60964):

– верификация определяется как процесс выявления соответствия отдельных компонентов предъявляемым требованиям. В этом контексте верификация предполагает ряд аналитических проверок аппаратуры, органов управления, средств отображения информации и другого оборудования на соответствие определенным техническим и инженерно-психологическим критериям, а также эксплуатационным и функциональным целям;

– валидация, которая должна быть выполнена после завершения верификации, в общем случае определяется как испытание и оценка, позволяющие убедиться, что решение задач в БПУ соответствует

требованиям к функциональности, рабочим характеристикам и интерфейсу. Более конкретно, это – процесс, в котором определяется, способен ли физический и организационный проект функционирования БПУ обеспечивать эффективное слаженное выполнение оперативным персоналом БПУ своих функций.

В ходе верификации и валидации функционального проекта оцениваются функции и взаимоотношения персонала и автоматики при управлении технологическими процессами АС, а также проверяется распределение ответственности за решение задач между операторами БПУ. Предлагаемый проект интерфейсов БПУ в процессе верификации и валидации оценивается с точки зрения того, насколько хорошо эти интерфейсы поддерживают выполнение операторами своих функций и задач.

В ходе верификации и валидации детального проекта необходимо убедиться, что функциональные требования, прошедшие верификацию и валидацию в процессе функционального проектирования БПУ, были использованы как исходные данные для проектирования, что привело к детальным техническим требованиям к изготовлению и монтажу требуемого пункта управления.

Одна из целей верификации и валидации состоит в проверке этих детальных технических требований до того, как начнется процесс изготовления. В действительности, если необходимо выполнить проверку уже установленного на месте оборудования, то существует потенциальный риск задержки проекта.

Следует заметить, что работа по верификации и валидации может проводиться на разных стадиях проектирования БПУ. В частности, для нового проекта этот процесс можно рассматривать как итерационный, который начинается на самой ранней стадии и периодически повторяется. Это позволяет уже на ранних стадиях вносить в системы изменения, вытекающие из результатов проведенного анализа. Это приводит к существенному улучшению процесса проектирования в целом.

Верификация и валидация проекта БПУ является важным этапом: они могут являться частью процесса лицензирования АС. Все усилия должны быть направлены на обеспечение соответствия анализа целям

настоящего руководства, на возможность использования в дальнейшем результатов анализа, на то, чтобы документация и отчеты по анализу давали достаточную уверенность в том, что инженерно-психологические требования были соответствующим образом рассмотрены и применены в процессе анализа проекта БПУ.

Каждый шаг процесса верификации и валидации должен включать в себя следующие действия:

- подготовку, включающую в себя следующие важные действия ¹⁾:
 - разработку критериев оценивания (для подготовки процессов оценки и принятия решения),
 - определение методики верификации и валидации,
 - определение исходных документов. Должно быть подтверждено, что проектная документация АС, оказывающая непосредственное влияние на конструкцию БПУ, была составлена после верификации и валидации,
 - организацию экспертной группы для верификации,
 - обеспечение рабочего помещения и оборудования для экспертной группы,
 - составление графика проведения анализа;
- оценку;
- принятие решение.

Для достижения хороших результатов анализа необходимо уделить особое внимание его подготовке. Чтобы создать базу данных, отвечающую общим потребностям, в процессе подготовки необходимо учесть потребности в данных и информации о человеческом факторе БПУ.

Стандарт составлен таким образом, что каждый шаг верификации и валидации и каждый вид деятельности освещен в отдельном подразделе. Для каждого шага и каждого вида деятельности, после указания основных

¹⁾ Текст в рамке отражает требования настоящего стандарта.

требований, предлагаются методы и подробные инструкции в качестве возможных средств выполнения этой части анализа. Однако при условии соблюдения основных требований возможны также и другие подходы. Какой бы конкретный подход ни был использован, он обязательно должен быть четко документирован.

Процесс проведения и общие критерии оценивания при верификации и валидации конкретизируются для человеко-машинного интерфейса и окружающей среды. Для других компонентов системы БПУ, таких как структура персонала БПУ, эксплуатационные процедуры и программы подготовки, процесс анализа и критерии оценивания должны быть разработаны отдельно с использованием соответствующих национальных стандартов и имеющихся согласованных на международном уровне руководств (см. раздел 2).

4.3 Верификация функционального назначения

Для предлагаемого БПУ должна быть проверена полнота функций, назначаемых человеку и машине.

Основу для распределения функций составляют ожидаемые эффективность работы оператора или машины при выполнении этих функций. Решение о назначении функции исходит из перечня действий, в выполнении которых человек превосходит машину, например, способность к рассуждениям в условиях неопределенности решения, а также действий, в которых машина превосходит человека, например, одновременное выполнение нескольких задач. Основные критерии распределения функций человеку или машине, такие как рабочая нагрузка, точность, временные ограничения, логическая сложность действий, типы и сложность принятия решений изложены в таблице А.3 приложения А МЭК 60964.

Функция может быть назначена:

- человеку или машине;
- для ручного дистанционного управления или ручного управления по месту;
- системам поддержки оператора.

Для выполнения определенной функции может также рассматриваться комбинация вышеперечисленного.

Необходимо представить доказательство того, что предложенное распределение функций максимально полно использует преимущества способностей человека и машины, не налагая нежелательных требований на любого из них.

4.3.1 Разработка критериев оценивания

Перед тем как начнется верификация распределения функций необходимо подтвердить, что конкретные критерии, использованные для распределения, согласуются друг с другом.

Цель верификации состоит в подтверждении того, что:

- Все функции, необходимые для достижения целей эксплуатации и безопасности АС, определены.

Примечание – Для достижения уверенности, что все функции и задачи оператора учтены, необходимо использовать нисходящий анализ, начиная с функциональных целей станции, анализа обеспечивающих систем, подсистем и их функций. Когда анализ сверху вниз выполнен, можно пройти назад по цепочке, чтобы оценить влияние на безопасность системы любой потенциальной ошибки функционирования, обусловленной проектом.

- Предложенное распределение функций выполнено в соответствии с критериями, установленными для назначения (например, операция автоматизирована, если время, в течение которого оператор должен вмешаться, меньше нескольких минут).

- Все требования, имеющие отношение к распределению функций, определены. Должны быть приняты во внимание:

- любые обязательные к применению предписания регулирующей организации;

- характеристики функционирования (например, точность времени реакции);

- принципы безопасности;

- требования к работоспособности и надежности;

- возможность технического обслуживания (ремонтпригодность);

- установившаяся в отрасли практика сменной работы персонала;

- обратная связь из опыта предшествующих проектов;

принципы построения интерфейса оператора и средств отображения информации;

требования, указанные в МЭК 60964;

требования, вытекающие из других стандартов и руководств регулирующей организации (см. раздел 2);

Требования и обоснования по каждому из перечисленных пунктов должны быть оформлены документально для каждой функции.

– Конфигурация рабочих мест в достаточной мере способствует выполнению персоналом БПУ своих задач. Верификация состоит в сопоставлении проекта в части измерительных приборов, средство отображения информации, органов управления и другого оборудования, и требований, полученных в результате функционального анализа. Цель состоит в установлении наличия на рабочем месте необходимых (а также не относящихся к делу) предметов.

– Требования, вытекающие из функциональных целей более высокого уровня, не конфликтуют друг с другом на более низком уровне для всех эксплуатационных режимов.

4.3.2 Определение исходных документов

Все имеющие отношение к делу документы должны быть представлены для обсуждения экспертной группе до начала верификации распределения функций (МЭК 60964, рисунок 2).

Эти документы включают в себя:

- нормативные документы;
- информацию о принципах распределения функций между человеком и машиной (отчеты или документы, касающиеся распределения функций между человеком и машиной);
- обратную связь из опыта предшествующих проектов (там, где это применимо);
- требования контрактов и руководства;
- отчеты по лицензированию предшествующих проектов (там, где это применимо);

- отчеты с анализом нарушений и аварий на предшествующих проектах (там, где это применимо);
- деревья отказов и анализ отказов и их влияния (там, где это применимо);
- отчет об анализе безопасности;
- описание систем;
- технические характеристики систем;
- документы по анализу задач;
- документация о распределении функций.

Примечание – При модификации существующих проектов должно использоваться соответствующее подмножество из выше приведенного перечня.

4.3.3 Организация экспертной группы для верификации

Верификация должна проводиться персоналом, независимым от проектантов, участвовавших в первоначальном распределении функций (примером независимой группы может быть группа экспертов, возглавляемая руководителем, независимым от подразделения проектирования и представляющим, например, подразделение ввода в эксплуатацию).

Группа должна выполнять анализ главным образом на базе исходной документации. Однако при этом нет необходимости препятствовать их контактам с разработчиками БПУ и технологических систем АС. Они должны быть доступны для обсуждений и разъяснений.

Численность группы, необходимая для выполнения оценки проекта БПУ, невозможно определить точно. Скорее всего, как численность группы, так и ее состав будут варьироваться в зависимости от типа АС, вида пункта управления и состояния БПУ и самой станции. В общем случае, основу технической группы для верификации распределения функций должны составлять эксперты в следующих областях:

- конструирования ядерных и неядерных систем;
- архитектурного проектирования и гражданского строительства;
- системного анализа;
- систем контроля и управления (СКУ);

- информационных и компьютерных систем;
- инженерной психологии;
- эксплуатации АС (возможно операторы) и обучения операторов.

4.3.4 Обеспечение экспертной группы рабочим помещением и оборудованием

Требования к рабочему помещению и потребности в оборудовании для экспертной группы следует рассмотреть на подготовительной стадии. Подходящий офис, хранилище и место для совещаний должно быть предусмотрено как для экспертной группы, так и для любых временно привлекаемых консультантов и специалистов.

4.3.5 Составление графика проведения анализа

На подготовительной стадии должен быть разработан подробный график работы экспертной группы. Особое внимание должно быть уделено зависимости одних задач от результатов других задач и оценке времени, необходимого для решения каждой задачи. Эти задачи должны быть скомпонованы так, чтобы обеспечить непрерывную работу экспертной группы. График должен охватывать все этапы – от подготовительного до завершения отчета по экспертизе проекта. В это время должны быть определены ответственность и функции отдельных членов группы, и деятельность каждого члена группы должна быть интегрирована в общий процесс анализа.

4.3.6 Процесс анализа

Оценка полноты предлагаемого распределения функций БПУ между человеком и машиной должна быть системной, а процесс оценивания должен быть оформлен документально так, чтобы его можно было проследить.

4.3.7 Отчетные документы

Результаты анализа должны регистрироваться. Для этого предпочтительно использование типовых форм, однако они должны допускать гибкость и содержать место для обсуждения.

Отклонения от критериев оценивания, сформулированных на основе

функциональных требований, и/или других исходных документов должны быть зафиксированы и упорядочены в соответствии с важностью с точки зрения их потенциального влияния на характеристики функционирования системы «человек – машина».

4.3.8 Принятие решения

Любые отклонения или ошибки, обнаруженные в ходе оценивания, должны исправляться (в процессе корректировки ошибок или перераспределения функций) до тех пор, пока распределение функций не будет соответствовать всем критериям оценивания.

В случае выявления недостатков, решение по ним должно быть тщательно проработано и документировано. Если эти недостатки являются существенными, то необходимо с особой тщательностью убедиться, что они не оказывают какого-либо неблагоприятного побочного воздействия на те проектные решения, которые до этого признавались удовлетворительными.

4.4 Валидация распределения функций

Правильность предложенного распределения функций БПУ должна быть подтверждена для того, чтобы показать возможность достижения системой всех функциональных целей. В частности, необходимо оценить выполнение последовательностей функций во всех нормальных режимах (включая стояночные) и в нескольких представительных сценариях, в т.ч. и в соответствующих проектных и запроектных авариях.

Валидация должна также продемонстрировать, что, если потребуется, в случае потери определенных автоматизированных функций, предусмотрено их ручное дублирование.

Иерархические деревья целей, разработанные в ходе функционального анализа, являются, в основном, статическими данными. Используя характеристики функционирования, определенные для каждой функции, разработчик знает, когда эти функций могут или не могут быть выполнены. Однако при этом вовсе не очевидно, как выполняется последовательность функций, необходимость в которых возникает в

процессе развития некоторого события. Когда событие происходит, то от типа этого события и его масштаба зависит то, как быстро его влияние может распространиться вдоль иерархии, и на какие из функций более высокого уровня это может повлиять. Главные цели валидации состоят в том, чтобы проанализировать эти зависящие от времени характеристики иерархий и убедиться в адекватности распределения функций.

4.4.1 Разработка критериев оценивания

Общими критериями, которые должны удовлетворяться при валидации, являются следующие:

– число функциональных целей и требуемый для их достижения объем рабочей нагрузки на персонал БПУ не должны превышать его потенциальные возможности;

– распределение функций между персоналом БПУ и местными операторами должно быть допустимым. В частности, нельзя требовать, чтобы операторы совместно решали взаимозависимые задачи по обеспечению выполнения функции, которая критична по времени или важна для безопасности или работоспособности станции.

Валидация проводится главным образом на основе исходных документов, а по некоторым вопросам, если возможно, с помощью экспериментальных тестов, выполняемых операторами (см. приложение А с описанием возможных подходов, которые используются для качественной и количественной оценок выполнения функций и рабочей нагрузки на оператора).

Для обеспечения представительности выбранных для оценивания событий должны быть разработаны критерии отбора. При оценивании функций, назначенных человеку, в дополнение ко всем нормальным состояниям, нарушениям нормальной эксплуатации и аварийным ситуациям, должны быть рассмотрены события, вызванные репрезентативной комбинацией множества отказов, ведущих к

максимальной рабочей нагрузке на оператора.

После завершения отбора этих событий функции, требуемые для каждого события, должны быть идентифицированы и расположены в порядке их следования во времени.

4.4.2 Определение исходных документов

Документы, подлежащие рассмотрению экспертной группой, должны быть предоставлены ей до начала валидации распределения функций, как это указано в п. 4.3.2.

Некоторые документы могут обновляться вследствие решений, принятых в конце предшествующего шага – верификации, и поэтому необходимо обратить внимание на наличие самых последних версий.

Наряду с перечисленными ранее могут использоваться и другие документы:

- план помещения БПУ;
- предварительная компоновка БПУ (если имеется);
- стереотипы населения.

4.4.3 Организация экспертной группы для валидации

Применяются требования, указанные в п. 4.3.3.

4.4.4 Обеспечение экспертной группы рабочим помещением и оборудованием

Применяются требования, указанные в п. 4.3.4.

Кроме того, средства, требуемые на данном этапе, могут включать в себя экспериментальные стенды и/или функциональные симуляторы по отдельным частным задачам.

4.4.5 Составление графика проведения анализа

Применяются требования, указанные в п. 4.3.5.

4.4.6 Процесс анализа

Оценка распределения функций состоит в изучении представительного ряда соответствующих динамических сценариев. Она

должна быть системной, а процесс оценивания должен быть оформлен документально так, чтобы его можно было проследить

4.4.7 Отчетные документы

Применяются требования, указанные в п. 4.3.7.

4.4.8 Принятие решения

Применяются требования, указанные в п. 4.3.8.

В качестве корректирующих действий могут выступать:

- выбор вариантов конструкции;
- уточнение функциональных требований;
- уточнение критериев проектирования;
- анализ последствий изменений, вносимых в предыдущий вариант распределения функций.

4.5 Верификация интегрированной системы БПУ

Верификация БПУ должна выполняться путем оценивания соответствия предлагаемых проектных решений применяемым функциональным и проектным требованиям и критериям.

На данной стадии разработки

- с одной стороны, БПУ существует на концептуальном уровне и описывается в виде набора функциональных требований (сформированных на первом этапе), включающих в себя:

полную конфигурацию человеко–машинного интерфейса;

концепцию представления эксплуатационных процедур;

правила обработки сигнализации (например, стратегия подавления сигналов);

прототипы дисплейных форматов;

концепцию органов для ручного управления;

условия окружающей среды.

- с другой стороны, БПУ подробно описывается проектными решениями:

комплексом чертежей, таких как компоновка помещения и панелей БПУ;
функциональными диаграммами, определяющими работу систем и обработку сигнализации;

эскизами дисплейных форматов;

проектами эксплуатационных процедур;

проектами программ подготовки.

В процессе верификации выполняется оценка соответствия вышеупомянутых проектных решений требованиям.

4.5.1 Выработка критериев оценивания

Вырабатываемые критерии должны охватывать как технические, так инженерно-психологические аспекты. В частности, при верификации интегрированной системы БПУ должно проверяться удовлетворение следующих критериев оценки:

– функциональные возможности человеко-машинного интерфейса соответствует проектным требованиям, а также относящимся к делу нормам, стандартам и руководствам, и надлежащим образом обеспечиваются запланированными органами управления, средствами отображения информации и другие устройствами и компонентами БПУ;

– подготовка позволяет операторам получить правильное представление о функциях человеко-машинного интерфейса и эксплуатационных процедур;

– эксплуатационные процедуры надлежащим образом включены в программу подготовки.

Верификация по первому из перечисленных критериев проводится, главным образом, для доказательства того, что перечень приборов и оборудования согласуется с требованиями, следующими из спецификации системы, анализа системы и анализа задач. Эта верификация проводится с помощью:

– Подробного перечня приборов и оборудования БПУ. В нем должны быть перечислены и описаны уже существующие компоненты БПУ для сопоставления с потребностями в приборах, органах управления, оборудовании и материалах. Данный перечень также используется для

установления наличия на рабочем месте необходимых (или не относящихся к делу) предметов.

Примерами более детальных критериев оценки в этой области являются следующие:

при выходе из строя приборов и средств отображения информации факт их неисправности должен легко распознаваться;

различные приборы, отображающие один и тот же параметр, должны показывать согласующиеся величины;

органы управления должны располагаться так, чтобы относящиеся к ним средства отображения информации могли использоваться для обеспечения обратной связи (см. МЭК 61227).

– Перечня сигнализации, включая методы ее обработки (например, подавление и ограничение сигналов).

– Перечня дисплейных форматов и процедур проверки, насколько они пригодны для задач, решаемых операторами, и образуют ли они единое согласованное целое.

– Компоновок БПУ и рабочих мест, позволяющих убедиться в отсутствии помех на пути к органам управления и средствам отображения информации, расположенным на рабочих местах (или на панелях управления).

– Анализа приемлемости психологии компонентов БПУ и условий окружающей среды, таких как освещение и шум с точки зрения инженерной (см. п. А.4.1.3 приложения А МЭК 60964). Этот анализ должен определить, спроектированы ли компоненты и окружающая среда так, чтобы соответствовать основным характеристикам человека, таким как сенсомоторные способности.

– Проверки достаточности органов управления, предусмотренных для регулирования температуры воздуха, влажности, вентиляции и освещения.

4.5.2 Определение исходных документов

Документы, подлежащие рассмотрению экспертной группой, должны быть предоставлены ей до начала верификации интегрированной системы

БПУ (рисунок 2 МЭК 60964).

В число этих документов входят:

- предварительная оценка БПУ (при наличии);
- отчет об экспертизе общего проекта БПУ (при наличии);
- чертежи компоновки панелей и рабочих мест;
- эскизы или фотографии панелей или форматов;
- перечень сокращений и аббревиатур, используемых в БПУ;
- описание принятых способов кодирования, используемых в БПУ, и руководство по стилям человеко-машинного интерфейса;
- описание применения компьютерной техники (обработка сигнализации, программно реализуемые процедуры, дисплеи);
- процедуры (эксплуатационные и аварийные);
- материалы по подготовки операторов.

Кроме того, при уточнении вопросов человеческого фактора, задач инженерной психологии и требований к анализу задач могут оказаться полезными исследования человеческого фактора и выводы, полученные в ходе оценивания или детального анализа БПУ других станций.

Примечание – При модификации существующих проектов должно использоваться соответствующее подмножество из выше приведенного перечня.

4.5.3 Организация экспертной группы для верификации

Применяются требования, указанные в п. 4.3.3.

Состав экспертной группы должен подбираться исходя из конкретной задачи проверки, подлежащей выполнению, например:

- для анализа обработки сигнализации необходимы, главным образом, консультанты в области эксплуатации и специалисты по технологическим системам;
- проверка соответствия окружающей среды установленным критериям, осуществляется, в основном, специалистами в области человеческого фактора.

4.5.4 Обеспечение экспертной группы рабочим помещением и оборудованием

Применяются требования, указанные в п. 4.3.4.

На данном этапе может быть использовано и другое специальное оборудование (например, средства для измерения уровня шума и освещенности)

4.5.5 Составление графика проведения анализа

Применяются требования, указанные в п. 4.3.5.

4.5.6 Процесс анализа

Оценка, выполняемая на данном этапе проектирования системы БПУ, представляет собой обычный анализ проекта и является частью процедуры обеспечения качества. Анализ должен охватывать эксплуатационные процедуры и программу подготовки.

Верификация системы БПУ должна быть системной, а сам процесс должен быть оформлен документально, так чтобы его можно было проследить.

4.5.7 Отчетные документы

Применяются требования, указанные в п. 4.3.7.

4.5.8 Принятие решения

Корректирующие действия могут быть определены в рамках одного или нескольких из следующих пунктов:

- выбор вариантов конструкции;
- уточнение функциональных требований;
- уточнение критериев проектирования;
- изменение проектов эксплуатационных процедур и/или программы подготовки.

В случае выявления недостатков, решение по ним должно быть тщательно проработано и документировано. Если эти недостатки являются существенными, то должны быть приняты меры, гарантирующие

отсутствие каких-либо неблагоприятных побочных эффектов в концепции проекта, которая до этого признавалась удовлетворительной.

4.6 Валидация интегрированного БПУ

Перед и во время детализированного проектирования системы БПУ должна быть проведена валидация интегрированной системы БПУ в целом, чтобы убедиться в возможности достижения ожидаемых характеристик функционирования. В частности, особое внимание следует уделить динамическим временным характеристикам предлагаемой интегрированной системы.

Цель валидации заключается в том, чтобы установить, что взаимодействие компонентов системы БПУ обеспечивает такое поведение системы в целом, которое соответствует требованиям безопасной и надежной эксплуатации АС. В рамках валидации проводится оценка пригодности конструкции БПУ для обеспечения следующих видов взаимодействия:

- БПУ и оператора;
- БПУ и эксплуатационных процедур;
- БПУ и программ подготовки;
- оператора и другого персонала внутри и за пределами БПУ.

Широта охвата, при валидации, зависит от средств оценивания, имеющихся в распоряжении экспертной группы. Существуют несколько методов и средств оценивания, которые обсуждаются в приложении В:

- подробный анализ конструкции БПУ и анализ документации;
- экспериментальный стенд;
- прототип с полномасштабной моделью станции;
- использование площадки АС (можно считать, что первое применение на месте относится фазе проектирования).

Следует отметить, что различные части процесса валидации интегрированной системы БПУ с различными допущениями и широтой охвата могут выполняться на различных стадиях проектирования. Для каждой части процесса валидации могут использоваться различные

средства либо одни и те же средства в различных вариантах (см. п. 4.6.6, а также приложение В).

В процесс анализа должно быть вовлечено руководство.

Внимание руководства ко всему процессу является важным. Задачи руководства включают в себя всестороннюю поддержку процесса анализа проекта БПУ и интеграцию анализа проекта с другими исследованиями и анализами, связанными с вопросами человеческого фактора. В качестве примера можно привести оценку комплектования сменного персонала, организации работы, подготовки и лицензирования персонала и усовершенствования инструкции. Рекомендуется обратить внимание руководства на координацию всех этих задач на базе принципов инженерной психологии.

4.6.1 Выработка общих критериев оценки

Оценка должна быть направлена на достижение следующих конкретных целей:

- определение способности БПУ обеспечивать информацию о состоянии системы, возможности управления, обратную связь и поддержку деятельности в объеме, необходимом для эффективного выполнения операторами БПУ своих функций и задач в нормальных (в т.ч. и в стояночных режимах) состояниях, при нарушениях нормальной эксплуатации и в аварийных ситуациях;
- определение свойств существующих в БПУ приборов, органов управления, средств отображения информации, другого оборудования и их физического размещения, которые могут уменьшить объем работы, выполняемой оператором.

Далее будут описаны общие критерии оценки, в привязке к перечисленным в подразделе 4.6 видам взаимодействия. Следует заметить, что наиболее определенный интерфейс, который нужно оценить – это интерфейс БПУ и отдельного оператора. Основные вопросы, подлежащие рассмотрению – это физические аспекты и аспекты окружающей среды БПУ и рабочих мест, физические и умственные возможности, человеко-машинный интерфейс и когнитивные аспекты (деятельность человека в целом).

4.6.2 Критерии оценки взаимодействия БПУ/оператор

Последовательности, составленные из функций, назначенных персоналу БПУ и автоматике, должны быть взаимно непротиворечивыми и полными.

Философия управления, выраженная в функциональных требованиях, должна быть применена ко всем функциям управления непротиворечиво, так чтобы подсистемы с одинаковыми характеристиками работы могли управляться одинаковым образом.

Задачи, назначенные персоналу БПУ, не должны превышать пределы человеческих возможностей. Задачи, требующие быстрого, медленного или сложного управления и обработки информации, не должны закрепляться за операторами.

Операторам должен быть предоставлен достаточный запас, например, по времени, чтобы учесть возможность естественных изменений человеческих способностей.

Требуемые от операторов характеристики восприятия должны находиться в пределах общепризнанных границ сенсорных способностей человека по зрению, слуху, осязанию, вибрации и т.д.

Требуемые от операторов моторные характеристики должны находиться в пределах общепризнанных моторных способностей человека, связанных с движением, манипулированием, физической силой и выносливостью.

Требуемые от операторов интеллектуальные способности в области:

- обработки информации;
- восприятия;
- удержания информации (кратковременного/ долговременного);
- объема памяти (кратковременной/ долговременной).

должны находиться в рамках возможных изменений этих способностей, вызванных различными уровнями бдительности и усталости.

Не следует забывать об исследовании визуальных аспектов при использовании в БПУ компьютеров и дисплеев.

Данный режим представления информации создает ряд проблем, в особенности это касается зрительных способностей операторов (зрительная усталость, удобочитаемость, воздействие контрастности, воздействие бликов ...), которые очень важно учитывать на рассматриваемой стадии оценивания.

Требуемые от операторов характеристики работы должны находиться в пределах его способности работать в неблагоприятных условиях окружающей среде, характеризующихся:

- аномальными температурой, влажностью, давлением;
- аномальным освещением (контрастность, уровень, блики и др.);
- аномальным шумом и неблагоприятными акустическими свойствами БПУ;
- наличием токсических веществ и радиации.

Валидация должна включать в себя оценку способов улучшения общей работоспособности оператора.

Для оценки когнитивных аспектов можно использовать модели деятельности человека, причем использование подобных моделей рекомендуется. В приложении С одна из таких моделей принятия решения используется для иллюстрации некоторых деталей оценивания в данной области.

Согласно этой модели, основными видами деятельности оператора являются:

- обнаружение и анализ изменений состояния станции;
- диагностика причин изменения и планирование корректирующих действий;
- отбор и выполнение управляющих действий (в виде инструкций или в другом виде).

Эти виды деятельности должны быть рассмотрены, включая проведение соответствующих тестов, с целью оценки возможности улучшения общей работоспособности оператора.

Задачи, назначенные отдельным операторам, не должны приводить к рабочим нагрузкам, превышающим общепризнанные пределы возможностей нормального оператора.

Валидация должна включать в себя оценку компоновки рабочего места и окружающей его среды, т.е. рабочая станция и устройства ввода-вывода информации должны быть установлены таким образом, а характеристики окружающей среды (температура, шум, свет) должны быть таковы, чтобы оператор мог работать с максимальным комфортом и эффективностью.

Вся информация, которая необходима оператору для выполнения предписанных ему задач во время различных эксплуатационных и переходных режимов, должна быть легко доступной. Должны быть предусмотрены необходимые органы управления. В случае ручного управления должна быть обеспечена обратная связь, дающая операторам адекватную информацию о фактическом поведении системы.

При использовании компьютерных дисплеев доступ к информации должен обеспечиваться при минимуме действий по ее поиску.

Информация о различных параметрах, необходимая в один и тот же момент времени, должна отображаться одновременно на одном и том же дисплее, если это согласуется с требованиями к разнообразию. Дисплеи должны иметь достаточные площадь отображения и разрешение, чтобы обеспечивать стабильное и легко читаемое изображение. Клавиатуры и другие рабочие устройства должны способствовать простой и надежной работе информационной системы. Дизайн дисплейных форматов должен соответствовать общепризнанным стандартам и должен помогать операторам в восприятии и понимании информации.

Оценка человеко-машинного интерфейса должна проводиться с целью проверки того, что, с одной стороны, способы диалога и представления информации гармонизированы и совместимы друг с другом и с их внутренней логикой, с выбранными средствами взаимодействия и требуемыми характеристиками работы, а с другой стороны, информационные и исполнительные средства, одновременно имеющиеся в распоряжении оператора на рабочем месте, являются достаточными и

ими можно пользоваться.

Ниже следуют примеры конкретных критериев оценки:

– Являются ли стационарная сигнализация, приборы или средства отображения информации достаточными для извещения оператора о необходимости выполнения требуемых действий?

– Являются ли органы управления на анализируемой панели БПУ достигаемыми и средства отображения информации удобочитаемыми?

– Являются ли маркировочные таблички на приборах и органах управления достаточно разборчивыми, точными и полными, чтобы позволить оператору определить панель и конкретный орган управления, не обращаясь к другой документации?

– Позволяет ли индикация определить оператору, что действие было завершено или что ситуация ликвидирована? Насколько удовлетворительно эта индикация отражает информацию?

– Если основные сигналы, органы управления и индикаторы не доступны, имеется ли еще какой-либо способ завершить предпринятое действие?

– Если предполагается, что оператор должен совершить какое-либо действие при достижении технологическим параметром определенной величины, существует ли прибор, по которому можно легко определить факт достижения параметром данного значения?

– Все ли шкалы и диапазоны измерения приборов обеспечивают требуемую точность считывания с учетом разрешающей способности шкалы и скорости изменения параметра?

В случае оценивания компьютеризированного БПУ следует принять во внимание вопросы управления самой рабочей станцией.

Это управления включает в себя действия, которые оператор должен предпринимать для получения информации и отправки команд.

Должно быть показано, что системы поддержки оператора увеличивают потенциальные возможности оператора, не создавая при этом непредвиденных побочных эффектов, которые могут создать скрытые препятствия деятельности оператора по принятию решения,

например, мониторингу и мыслительной деятельности высокого уровня.

Система человеко-машинного интерфейса должна быть способна обеспечить достаточное количество требуемой информации от оборудования, находящегося за пределами БПУ.

4.6.3 Критерии оценки взаимодействия БПУ/эксплуатационные процедуры

Эксплуатационные процедуры должны быть согласованы с требованиями к человеко-машинным интерфейсам и ожидаемой реакцией станции. Эксплуатационные процедуры должны охватывать все ожидаемые задачи и функциональные последовательности, выполняемые в БПУ.

Описания процедур должны быть корректными, полными, непротиворечивыми и легко интерпретируемыми.

Когнитивная деятельность, необходимая при использовании процедур, может стать предметом оценивания. Действия по процедурам требуют особого рассмотрения при разработке тестов (см. приложение С).

В качестве конкретных критериев оценки могут выступать следующие:

– Могут ли действия, предписанные процедурами, быть выполнены в указанной последовательности?

– Имеются ли альтернативные пути достижения цели, не отраженные в анализируемой процедуре?

– Могут ли предписанные процедурой действия быть выполнены в БПУ за отведенное для этого время?

– Может ли оператор получить информацию, необходимую для действий по процедуре, с помощью запланированных в БПУ приборов?

– Обеспечат ли запланированные приборы и средства отображения информации достаточное резервирование и разнообразие, чтобы оператор мог выбрать приемлемую процедуру?

– Необходимо ли оператору для выполнения своей задачи использовать информацию или оборудование, не указанные в процедурах?

- Является ли представление информации о ситуациях на АС в БПУ совместимым с описанием ситуаций в процедурах?
- Может ли оператор найти нужное оборудование с помощью предлагаемой маркировки, сокращений, обозначений и информации о его размещении?
- Согласуются ли диапазоны приборов со измеряемыми значениями, указанными в процедурах?
- Вызовет ли использование процедур дополнительную нагрузку на память оператора?
- Легко ли отличить аварийные процедуры от других процедур в БПУ (по цвету, форме, местоположению, организации и представлению)?
- Совместимы ли физически процедуры и БПУ?
- Имеется ли в различных частях БПУ достаточно места для размещения процедур (бумажных процедур) и позволяет ли переплет развернуть их на рабочем месте в плоском виде?
- Не являются ли бумажные процедуры слишком громоздкими или слишком тяжелыми для удобного обращения с ними?

4.6.4 Критерии оценки взаимодействия БПУ/программа подготовки

Программа подготовки должна быть совместима с требованиями к процедурам и человеко–машинному интерфейсу. Она должна вырабатывать у операторов навыки и знания, необходимые для безопасной и надежной эксплуатации АС, в том числе и для работы в непредвиденных ситуациях.

Персонал БПУ должен быть приучен к выполнению требований по безопасной и надежной работе и пригоден для работы с эксплуатационными процедурами и освоения программы подготовки.

- В качестве конкретных критериев оценки могут выступать следующие:
- Все ли технологические системы и оборудование АС могут безопасно и правильно управляться при имеющихся органах управления и приборах?

– Есть ли вероятность, что системы и оборудование станции будут работать неправильно из-за недостаточно правильного понимания операторами устройства этого оборудования?

– Может ли быть предпринято необходимое действие в ответ на аварийный сигнал?

– Может ли информация, получаемая от органов управления и приборов, быть неверно интерпретирована?

– Могут ли быть сделаны ошибочные заключения из положения органов управления и показаний приборов?

– Должно ли быть предусмотрено обучение, компенсирующее недостаточно хорошую конструкцию БПУ или плохие процедуры?

Для каждого валидационного теста должен быть определен минимальный уровень квалификации операторов, необходимый для проведения этого теста (навыки, опыт).

Анализ результатов тестов должен также выявлять необходимость модификации программы подготовки (обратная связь с программой подготовки).

4.6.5 Критерии оценки взаимодействия оператора с персоналом внутри и вне БПУ

Данный раздел рассматривает деятельность с точки зрения групповой деятельности в БПУ.

Должна быть проверена приспособленность конструкции БПУ для слаженной групповой работы смены, а также организационные условия и потребности, при этом особое внимание должно быть уделено организации рабочих мест.

Оценка аспектов групповой деятельности состоит из анализа двух аспектов:

– организация индивидуальной деятельности операторов в БПУ (назначение им задач, их координация);

– особенности отношений между операторами и персоналом за пределами БПУ (вспомогательные операторы, ремонтный персонал, руководство). Верификация этого аспекта состоит в проверке пригодности

системы связи между персоналом БПУ и местными операторами, а также с персоналом, расположенным за пределами БПУ.

При оценке организационных аспектов рассматриваются вопросы, связанные с выработкой порядка работы на станции, т.е. организация смен, длительность смен, ротация смен, подготовка и др.

Использование для оценки рабочих условий экспериментальных стендов и прототипов, далеких от реальной ситуации, приводит к неизбежным погрешностям и к тому, что некоторые аспекты реальной работы не могут быть полностью воспроизведены. Поэтому оценка организационных аспектов должна проводиться в ходе совершенно отдельного дополнительного исследования в условиях реальной рабочей ситуации.

4.6.6 Методика

Известны следующие способы оценки (см. приложение В), которые должны применяться при разработке проекта:

- метод «за столом», предполагающий всестороннее обсуждение за столом шагов процедуры для предложенного рабочего сценария;

- метод прогона, в котором лица, действующие в качестве операторов, шаг за шагом, следуя предложенному сценарию, исполняют для группы наблюдателей предусмотренные процедурой действия, не осуществляя при этом реальных функций управления. Необходимым условием для прогона является экспериментальный стенд, простейшим из которых является помещение, на стенах которого развешены чертежи панелей управления;

- метод с использованием симулятора, посредством которого лица, действующие в качестве операторов, выполняют перед группой наблюдателей реальные функции управления на оборудовании симулятора, следуя предложенному сценарию;

- имитация оператора, человеко-машинного интерфейса и станции.

Использование экспериментального стенда делает возможным экспериментальный подход к тестам и оценке отдельных функций. Получаемые при этом ответы полезны, но ограничены; другими словами

можно сказать, что они ограничены тестируемыми функциями. Они лишь частично раскрывают взаимодействия.

Использование прототипа, соединенного с симулятором станции, является более сложным методом оценивания, однако дает возможность воспроизводить будущее выполнение функций в динамике и в целом.

Оценка по месту обеспечивает доступ ко всем видам взаимодействиям, однако это усложняет соотнесение результатов наблюдения с конкретной функцией. Кроме того, на этом этапе реализации пересмотр проекта может оказаться практически невозможен (по крайней мере, что касается аппаратных средств).

Метод оценивания, не зависящий от используемых средств, основывается на априорном выделении действий операторов:

- оценка БПУ рассматривается с точки зрения общей деятельности по управлению. Эта комплексная деятельность выполняется оператором, обладающим определенными индивидуальными характеристиками (физиологическими, когнитивными и др.);

- наблюдение и анализ этой деятельности требуют разделения процесса оценивания по различным направлениям (анализ эргономических и когнитивных факторов).

Оценка может быть также сосредоточена на технических параметрах, на которые могут повлиять разработчики, обеспечивая тем самым возможность их определения заранее.

Общее описание типичного метода оценивания вместе с некоторыми примерами и обсуждением преимуществ и недостатков приводится в приложении D.

4.6.7 Определение исходных документов

Экспертной группе необходимо значительное количество справочных материалов. Обычно при модификации проекта БПУ требуется только подмножество таких материалов.

Перечень документов, подлежащие рассмотрению экспертной группой до начала валидации системы БПУ, тот же самый, что и перечень, указанный в п. 4.5.2.

4.6.8 Организация экспертной группы для валидации

Анализ должен проводиться персоналом, независимым от проектантов, участвующих в интеграции БПУ (примером независимой группы может быть группа экспертов, возглавляемая руководителем, независимым от подразделения проектирования, и представляющим, например, подразделение ввода в эксплуатацию).

Группа должна выполнять анализа главным образом на базе исходной документации и специальных тестов.

В дополнение к требованиям п. 4.3.3 необходимо участие операторов, как для консультаций, так и для прогона предложенных задач.

Если у основной группы отсутствует необходимый опыт в определенных вопросах, то могут дополнительно привлекаться специалисты или консультанты, например, для непосредственного выполнения некоторых специфических оценок функций систем и анализа задач операторов БПУ, для подготовки и/или проведения опроса или интервью с операторами, для проведения измерений параметров окружающей среды в БПУ или для формулирования и выдвижения альтернативных вариантов конструкции, позволяющих устранить недостатки проекта БПУ, выявленные группой.

Необходимы техническое руководство и поддержка группы. Для обеспечения скоординированного управления группой, выполнения и обеспечения повседневной работы группы, обеспечения, при необходимости, поддержки со стороны консультантов или специалистов и руководства процессами оценивания и подготовки отчетности должен быть назначен менеджер проекта. Менеджер проекта также должен отвечать за выполнение графика и контроль всей деятельности, касающейся БПУ, в том числе за подбор и привлечение операторов для оказания помощи экспертной группе.

На данном этапе также должна быть собрана аналитическая группа. Необходимость и формы участия операторов зависят от выбранных средств оценивания:

– На самых ранних этапах проектирования, а именно, во время рассмотрения проектной документации и на этапе оценивания с помощью экспериментального стенда, к участию, наряду с упомянутыми выше операторами, могут привлекаться, например, технические консультанты по эксплуатации. В идеале, они не должны быть теми людьми, кто обычно выполняет исследуемую задачу – в этом случае они, вероятно, будут менее смущены неизбежными отличиями экспериментального стенда (недостатками или неточностями в воспроизведении реальной задачи) и будут способны более объективно оценивать те аспекты, которые могут возникнуть на этом этапе.

– С момента, когда начинается использование средства-прототипа в условиях, сравнительно близких к реальным, участие операторов является обязательным. Если операторы в том или ином качестве уже привлекались на предыдущих этапах процесса проектирования, то те же самые операторы не должны участвовать в тестах с использованием прототипа, чтобы избежать ситуации, когда они окажутся в роли арбитров.

4.6.9 Обеспечение экспертной группы рабочим помещением и оборудованием

Применяются требования, указанные в п. 4.4.4.

Оборудование, необходимое на данном этапе, может включать в себя экспериментальные стенды и/или симуляторы. В этом случае в процессе подготовки должна быть составлена детальная спецификация требований к этому оборудованию (требований, релевантных данной стадии проектирования и целям проводимых тестов).

Требования на это оборудование включают в себя:

- представительность тестируемых вопросов;
- физическое сходство (от абстрактного представления в виде чертежей до экспериментальных стендов и прототипов);
- точное воспроизведение функциональных возможностей, включая: информационное содержание (например, использование случайных данных, данных полученных из эксплуатации или полностью точных данных), динамику (от статики до динамики в реальном масштабе времени)

На данном этапе может использоваться и другое специальное оборудование (например, приборы для измерения громкости звука, освещенности, видеомэгнитофон или фотографическое оборудование).

4.6.10 Составление графика проведения анализа

На подготовительном этапе должен быть составлен подробный график по каждому пункту, подлежащему анализу, и последующей оценке и прогону задач, выполняемых операторами. Особое внимание следует уделить зависимости одних задач анализа от результата других задач и оценке времени, необходимого для решения каждой задачи. Эти задачи должны быть скомпонованы так, чтобы обеспечить непрерывную работу экспертной группы. При наличии каких-либо данных о результатах анализа проекта БПУ, их использование должно быть предусмотрено на подготовительном этапе, а график должен быть уточнен с учетом этих данных. График должен учитывать всю деятельность, относящуюся к человеческому фактору (например, анализ процедур), включая необходимые связи между входом и выходом различных процессов этой деятельности.

При модификации конструкции существующего БПУ деятельность экспертной группы в БПУ должна планироваться так, чтобы свести к минимуму создаваемые помехи в работе БПУ, особенно на работающих АЭС. Для выполнения некоторых оценочных задач можно использовать точные экспериментальные стенды БПУ или симуляторы, другие можно выполнить во время периодов остановки станции. Однако некоторые задачи (например, измерение условий окружающей среды, таких как уровень шума) нужно выполнять в БПУ во время работы станции, чтобы получить достоверные данные.

Программа должна охватывать весь период анализа БПУ – от подготовительного этапа до завершения отчета по анализу. На это время необходимо распределить обязанности и функции отдельных членов группы, деятельность которых должна быть интегрирована в общие графики анализа, оценивания и формулирования рекомендаций.

4.6.11 Процесс анализа

Оценка полноты должна быть системной, а процесс оценивания должен быть оформлен документально так, чтобы его можно было проследить.

Кроме того, она должна содержать, насколько возможно, количественные измерения требуемых свойств и характеристик.

По каждому запланированному тесту или серии тестов должны быть определены количественные критерии их состоятельности.

4.6.12 Отчетные документы

Результаты каждой задачи анализа проекта БПУ должны быть зафиксированы.

Для систематизации этой деятельности рекомендуется, по возможности, использовать унифицированные формы. На подготовительном этапе должно быть предусмотрено время на разработку форм, которые будут использованы, и на создание системы обращения с ними.

Типы форм, которые могут понадобиться, включают в себя:

- чек-лист для регистрации тех элементов БПУ или характеристик его конструкции, которые не соответствуют требованиям МЭК 60964 (в части приложения D) и МЭК 61227;
- формы регистрации эргономических нарушений, предназначенные для идентификации мест нарушений и описания их природы на уровне существенных деталей, позволяющих определить требуемые корректирующие действия;
- формы для регистрации всех элементов, имеющих в БПУ;
- формы для регистрации специальных измерений, т.е. замеров звука, окружающего освещения, освещенности средств отображения информации и климатических факторов;
- формы управления документацией, такие журналы для учета и описания фотографий;
- формы для интервьюирования операторов и опросные листы;

- формы для регистрации реакции операторов при проведении тестов (например, при использовании симулятора);
- формы, включающие в себя средства проверки того, выполняются ли и каким образом выполняются замечания (для обеспечения качества).

Крайне полезно было бы ввести данные анализа (такие как данные анализа задач, перечень элементов БПУ и результаты их обзора) в автоматизированную информационную систему. С помощью компьютера выполнение такой работы, как например, сопоставление перечня элементов БПУ с описаниями задач оператора, может осуществляться гораздо быстрее, чем при ручной обработке.

4.6.13 Принятие решения

На этапе валидации нужно оценить эргономические нарушения. В ходе принятия решения должен быть инициирован процесс их устранения.

По результатам оценивания делается один или более вывод о необходимости:

- уточнения критериев оценки;
- модификации проекта;
- модификации процедур;
- улучшения подготовки.

При модификации конструкции существующего БПУ решение включает в себя установление приоритетов и графиков для корректирующих действий, определение масштабов вносимых изменений и обоснование рекомендаций или решений, которые не позволяют полностью устранить нарушения.

После отбора корректирующих действий, они должны быть немедленно реализованы. Усовершенствования конструкции, которые могут быть сделаны без вмешательства в нормальную работу БПУ (например, изменение поверхностных элементов, таких как маркировочные таблички и указатели), должны быть начаты сразу по завершении оценки. Другие усовершенствования, вносящие изменения в оборудование или конструкцию БПУ или требующие переподготовки

операторов, должны быть запланированы в графике в соответствии с их важностью для безопасности АС и с учетом эксплуатационных факторов.

Для нового БПУ любые ошибки, выявленные в процессе оценивания, должны исправляться то тех пор, пока критерии оценки не будут удовлетворены.

Если выявлены существенные недостатки, то решение должно быть тщательно проработано и документировано таким образом, чтобы они не оказывают какого-либо неблагоприятного побочного воздействия на соответствующие проектные решения, которые были признаны правильными при первоначальной оценке.

В любом случае должна быть проведена повторная валидация тех частей, которые были затронуты в ходе реализации предложенных изменений.

5 Верификация и валидация эволюционных проектов и усовершенствований

5.1 Общие положения

Полный набор требований к верификации и валидации, описанный в разд. 4, применим к абсолютно новому проекту БПУ, высокотехнологичного типа; «высокотехнологичный» означает, что БПУ очень отличается или является новаторским по сравнению с предыдущими проектами в части средств отображения информации и органов управления человеко-машинного интерфейса (например, интерфейс на основе компьютерных дисплеев), представления сигнализации, способы работы и общая реакция человеко-машинного интерфейса БПУ на нарушения, происходящие на АЭС. Напротив, эволюционные проекты – это проекты, которые вводят незначительные изменения по сравнению с предшествующим БПУ, например, в части описанных выше аспектов.

В случае эволюционных проектов обычно имеются база данных проектной информации, эксплуатационные процедуры, материалы для обучения, эксплуатационный опыт работы и информация по анализу БПУ, которые прошли валидацию в ходе эксплуатации и могут оказаться

полезными и применимыми к различным аспектам проекта. Подобные априорно существующие материалы вполне могут заменить часть работ по верификации и валидации, которые потребовались бы для полностью нового проекта. Применимость подобных материалов зависит от их качества и от степени и природы различий между новым проектом и его предшественником.

В случае усовершенствования существующего БПУ природа и степень усовершенствования определяет, приведет ли оно к эволюционному или высокотехнологичному БПУ. Обычно усовершенствования приводят к незначительным изменениям, и поэтому они эволюционны; однако значительные усовершенствования, например, полная замена приборов на традиционных панелях компьютерными дисплеями, могут привести к проекту высокотехнологичного БПУ.

Деятельность по верификации и валидации для эволюционного проекта должна, как обсуждалось выше, подчиняться требованиям настоящего стандарта с учетом особых потребностей и обстоятельств конкретного проекта. В адаптированном варианте требований обязательно должны присутствовать этапы подготовки, оценивания и принятия решения. Деятельность должна быть надлежащим образом документально оформлена в начале проекта, возможно, в плане программы в области человеческого фактора.

Эта документация также должна содержать логическое обоснование адаптированных требований (т.е. указание и обоснование исключений и отказа от определенных мероприятий процесса верификации и валидации).

5.1.1 Степень нововведений

Как обсуждалось в п. 5.1, деятельность по верификации и валидации должна быть адаптирована в соответствии с потребностями конкретного проекта и степенью нововведений. Более конкретно эти нововведения могут быть связаны с конструкцией человеко-машинного интерфейса БПУ, или со структурой персонала, работающего в БПУ, или с тем и другим. Например, какое-то предприятие может укомплектовать персонал нового

эволюционного БПУ большим или меньшим количеством операторов по сравнению с уже эксплуатируемыми станциями предыдущего проекта.

Степень нововведений варьируется по всему диапазону – от абсолютного копирования существующей конструкции, которое потребует очень небольших усилий по верификации и валидации, и эволюционного проекта, требующего определенных действий, до передового высокотехнологичного проекта, требующего проведения верификации и валидации в полном объеме. Для эволюционных проектов деятельность по верификации и валидации должна быть организована так, чтобы основные усилия концентрировались в области вносимых изменений и их интеграции с существующими уже проверенными частями проекта.

5.1.2 Аттестация по аналогу

Копирование предшествующих успешных проектов позволяет сэкономить усилия на разработку проекта, а также снижает риски проектирования. Эта экономия образуется в результате уменьшения усилий на разработку проекта, а также верификации и валидации копируемых и уже проверенных частей проекта. Для структурирования процесса адаптации деятельности по верификации и валидации, можно использовать принцип «аттестации по аналогу».

Аттестация по аналогу – это метод обоснования, который проектировщики могут применять для копируемых частей проекта с целью экономии усилий на проектирование. Такой подход включает в себя черты и верификации, и валидации, и потому называется аттестацией, а не верификацией или валидацией.

Аттестация по аналогу применима к тем системам или оборудованию, которые идентичны или отличаются от ранее аттестованных или успешно эксплуатируемых систем и оборудования по одному или более параметрам, однако при этом можно продемонстрировать, что они соответствуют или превышают заданные показатели функционирования. Это достигается демонстрацией того, что различия между старыми и новыми системами или оборудованием не влияют на функционирование либо улучшают его. В качестве систем БПУ, для которых может применяться такая аттестация, могут выступать системы, для которых уже

имеется солидный опыт успешной эксплуатации в БПУ аналогичного проекта, или системы с аналогичными:

- уровнем автоматизации;
- распределением функций и задач;
- доступом к источникам информации;
- процедурами технического обслуживания.

Следует подчеркнуть, что для применения успешной аттестации по аналогу требуется не просто безаварийная работа существующей системы. Должен быть проведен анализ опыта эксплуатации системы, который должен продемонстрировать отсутствие значительных проблем при эксплуатации.

5.2 Верификация распределения функций

Для эволюционных проектов не обязателен всесторонний функциональный анализ сверху вниз. Функциональные возможности проекта можно показать, исходя из существующей проектной документации, при условии, что для копируемых частей проекта возможно успешное применение аттестации по аналогу. Однако, даже для повторяющихся частей проекта, необходимо идентифицировать основные функции АЭС на макроуровне. Эта идентификация не требует включения функций уровня оборудования, она требует рассмотрения лишь основных системных функций. Для участков проекта, содержащих нововведения, необходим более детальный подход (т.е. необходимо дойти до функций уровня оборудования).

Распределение функций для копируемых частей проекта должно аттестоваться по аналогу.

Любые изменения в распределении функций между человеком и машиной и их интеграция с другими функциями должны быть верифицированы с целью демонстрации того, что они находятся в соответствии с основными физическими и когнитивными способностями человека (например, в части антропометрии и скорости обработки информации).

5.3 Валидация распределения функций

Для частей проекта, в которых было изменено распределение функций, и для интеграции этих изменений с теми частями проекта, в которых повторено существующее ранее распределение функций, необходимо показать, что временные характеристики выполнения функций и их распределение соответствуют физическим и когнитивным способностям человека.

Постулирование последовательностей типичных событий и рабочая нагрузка оператора должны быть определены для того, чтобы выявить потенциальные ситуации перегруженности оператора. Вместо подробного формализованного анализа рабочей нагрузки для оценки ситуаций, чреватых перегруженностью, можно использовать экспертные суждения, основанные на данных из опыта эксплуатации предшествующих проектов. Степень доступности соответствующих данных об эксплуатации определяет степень потребности в более формализованном анализе человеческого фактора.

5.4 Верификация интегрированной системы БПУ

Верификация интегрированной системы БПУ должна быть сосредоточена на измененных участках и их интеграции с БПУ.

Необходимо показать, что все релевантные проектные требования удовлетворены (см.п. 4.5). Необходимо также продемонстрировать, что все запланированные органы управления, средства отображения информации и сигнализация имеются в наличии. Необходимо показать, что характеристики человеко-машинного интерфейса в измененных частях проекта согласуются с характеристиками незатронутой части проекта. Воздействие любых вносимых изменений на человеческий фактор должно быть объяснено и оправдано (например, с помощью вероятности ошибки человека). Необходимо также показать, что информация, получаемая с помощью новых систем, совместима с информацией, доступной через существующие системы.

5.5 Валидация интегрированной системы БПУ

Усилия по валидации должны быть сконцентрированы на новых частях проекта БПУ и их интеграции. Необходимо уделить большое внимание тому, чтобы взаимодействие новых и не подвергшихся изменениям частей проекта было адекватно исследовано. Адекватность может гарантировать заключение специалиста.

Валидация интегрированной системы БПУ, как правило, требует довольно высокой точности имитации БПУ, которая способна воспроизвести многие динамические аспекты реального БПУ. Для валидации эволюционных проектов можно использовать модифицированные экспериментальные стенды и/или симуляторы от предшествующих проектов. Такой подход экономичен при условии, что отличия имеют ограниченную природу. Кроме того, там, где это применимо, можно использовать эксплуатационные процедуры и обучающие материалы из предшествующих проектов.

В проектах строительства новых АС необходимо еще до ввода станции в эксплуатацию организовать прогон всех станционных процедур на полномасштабном тренажере как часть программы подготовки персонала. Это даст дополнительную уверенность, что при адаптации процесса верификации и валидации к условиям эволюционного проекта не были упущены какие-либо отдельные аспекты в интегрированном БПУ. Необходим также какой-то формализованный механизм для включения результатов этих прогонов в проект БПУ.

5.5.1 Виды взаимодействия, требующие проверки

Виды взаимодействия, требующие исследования, описаны в подразделе 4.6:

- БПУ и оператор;
- БПУ и эксплуатационные процедуры;
- БПУ и программа подготовки;
- оператор и другой персонал внутри и за пределами БПУ.

Эти виды взаимодействия должны быть исследованы в пределах измененных частей проекта и их интеграции.

Даже в эволюционных проектах обычно имеются проблемы, связанные с каждым из упомянутых выше видов взаимодействия. Степень, до которой взаимодействие каждого вида требует исследования, зависит от природы и масштаба изменений.

В эволюционных проектах акцент должен быть сделан на аварийных процедурах и на отдельных процедурах нормальной эксплуатации.

В эволюционных проектах использование данных об эксплуатации традиционного человеко-машинного интерфейса для контроля и управления может уменьшить усилия по валидации. Однако аварийные процедуры в силу их важности для безопасности должны анализироваться более полно. Мероприятия по валидации должны концентрироваться на тех частях проекта, где были применены нововведения. Например, при валидации аварийных процедур тестированию могут подвергаться только те процедуры, которые охватывают области с нововведениями. При отборе процедур или их частей для детального тестирования группа, проводящая валидацию, должна рассмотреть не только области с нововведениями, но возможное взаимодействие новых и незатронутых частей конструкции, в особенности там, где это касается аварийных процедур. Оценка специалиста поможет гарантировать, что эти взаимодействия адекватно охвачены.

5.5.2 Валидационные тесты

Имеется множество возможных способов валидации проекта. Они должны быть тщательно отобраны, исходя из тех вопросов, которые анализируются и способности имитирующего устройства воспроизводить требуемую ситуацию на станции. Это может быть особенно важным, если симулятор, созданный для существующего проекта, модифицируется. В отбираемые тесты должен быть включен анализ человеческого фактора. Обычно тесты могут проходить в форме Работы за столом, пошагового прогона, прогона сценария на симуляторе в псевдореальном режиме времени и имитации реального времени. В любой программе валидации должны использоваться по крайней мере два метода (подробности см. в приложении В).

Приложение А (справочное)

Примеры подходов к оценке функциональных характеристик

Для того чтобы оценить характеристики функций для всех нормальных (в том числе и остановленных) состояний, нарушений нормальной эксплуатации и аварийных ситуаций, а также для репрезентативных событий, могут быть использованы различные подходы. Описание типичных подходов приводится ниже.

А.1 Аналитический подход

Данный подход может включать в себя следующее:

А.1.1 Анализ последовательности операций

Используется для валидации:

- потенциальной способности БПУ успешно, своевременно и с необходимой степенью полноты выполнить функции, для которых он создавался, с учетом взаимодействий между оперативным персоналом, рабочими станциями и системами;
- распределения функций между персоналом БПУ и местными операторами. В частности, нельзя требовать от них совместного выполнения взаимозависимых задач для достижения функции, которая либо критична по времени, либо важна для безопасности или работоспособности станции.

Если обнаруживаются ограниченность возможностей оперативного персонала БПУ, то выполняется модификация проекта, например, изменение распределения функций, новое распределение задач между операторами или изменения, связанные с самим персоналом.

А.1.2 Оценка рабочей нагрузки оператора (с использованием имеющихся данных о человеческих возможностях и любой устоявшейся методики)

Набор функциональных целей и объем рабочей нагрузки, возлагаемые на персонал БПУ, не должны превышать его возможностей. Знание оптимальных границ человеческих возможностей и анализ

рабочей нагрузки оператора позволят выявить возможность возникновения условий для перегрузки.

На рабочую нагрузку оператора воздействуют несколько факторов. Некоторые из этих факторов – конструкция БПУ, программа подготовки оператора, процедуры нормальной и аварийной эксплуатации и межличностные взаимоотношения между членами оперативного персонала. Например, плохо подготовленный оператор может испытывать высокую рабочую нагрузку даже при отработке обычной остановки блока, в то время как хорошо подготовленный оператор в этой ситуации испытывает умеренную нагрузку.

Цель состоит в том, чтобы убедиться, что операторы могут на приемлемом уровне выполнять все назначенные им задачи. В условиях стресса, таких как нарушение нормальной эксплуатации или аварийная ситуация на АС, отдельный оператор и, возможно, весь оперативный персонал может испытывать перегрузки из-за объема требуемых от них действий, особенно если произошедшее событие отличается от тех, которые отрабатывались в процессе обучения.

Для таких выявленных ситуаций, в которых оператор испытывает перегрузку, может быть полезным детальный анализ рабочей нагрузки оператора с акцентом на когнитивную деятельность.

Если условия возникновения перегрузок все же существуют, то должно быть проведено повторное исследование распределения функций с внесением изменений в проект, касающихся уровня автоматизации, панелей управления, процедур и/или рабочих мест.

А.1.3 Анализ отчетов о прошлых ошибках человека

Цель анализа ошибок человека состоит в исследовании вероятности совершения ошибки в условиях стресса или в условиях высокой рабочей нагрузки и в оценке последствий, вытекающих из этих ошибок. Изменения, такие как дополнительная аппаратура, дополнительный персонал, дополнительная подготовка или изменение процедур, преследующие цель снижения рабочей нагрузки на операторов, должны быть сделаны для ситуаций, в которых существует высокая вероятность ошибки человека в сочетании с неприемлемыми последствиями для безопасности.

А.1.4 Анализ взаимодействий в БПУ

Данный анализ должен определить частоту и критичность каждого взаимодействия между оператором и оборудованием и/или между одним оператором и другим оператором. Результаты этого анализа затем используются для оценивания адекватности проекта в части расположения и компоновки рабочего места с точки зрения затрат времени и пространства. Для оптимизации использования времени и пространства, необходимых для успешного выполнения оператором критических задач, может потребоваться повторное проектирование рабочего места. При правильном применении, этот анализ позволит достичь почти оптимальной конструкции рабочего места, например, в части отношении взаимного пространственного размещения средств отображения информации и органов управления, обеспечивающего оператора информацией об обратной связи.

А.2 Макроскопический подход

Этот подход пригоден только для валидации детального проекта.

Строгое применение различных отдельных критериев, определенных выше, может привести к определенному расхождению между деятельностью операторов и теоретическими выводами. Таким образом, важно рассматривать деятельность операторов как единое непротиворечивое целое.

Это может быть достигнуто серией экспериментальных тестов, охватывающих наиболее критичные события, проводимых с участием оперативного персонала на экспериментальном стенде БПУ или путем имитации среды деятельности.

Приложение В (справочное)

Средства оценивания

Общее требование, касающееся экспериментального стенда и прототипа, состоит в том, чтобы функции и/или имитируемая окружающая среда воспроизводились с адекватными для достижения цели планируемого теста характеристиками (полнотой, физической и функциональной точностью воспроизведения).

Следует также отметить, что в тестах с использованием близких к оригиналу экспериментальных стендов, воспроизводящих БПУ с высокой точностью, и прототипов, основанных на симуляторах, деятельность операторов скорее всего будет искажена (вследствие неполноты оперативной смены, отсутствия нормальной рабочей среды как с технической точки зрения, так и с позиции человеческого фактора и т.д.) до тех пор, пока не будет доступна полная копия БПУ и не проведены тесты с привлечением полной смены оперативного персонала.

Преимущества и недостатки каждого способа оценивания рассмотрены в таблице В.1.

Т а б л и ц а В.1 – Преимущества и недостатки каждого способа оценивания

Метод и средство оценки	Преимущества	Недостатки
Работа за столом: детальный анализ БПУ. Проектная и аналитическая документация	Быстрое получение результатов. Низкие затраты	Неопределенность в части полноты и релевантности
Прогон и экспериментальный стенд	Надежные результаты для отдельных функций	Отсутствие взаимодействия между функциями
Прототип с симулятором станции	Динамическая интеграция функций	Труднореализуемый, особенно в полномасштабном варианте в режиме реального времени. Для получения результатов необходимо много времени
Работа на месте	Анализ реального объекта во всех его измерениях	Трудности изменения проекта на поздней стадии

Следует помнить, что:

– Сложность оценивания увеличивается пропорционально тому, как увеличивается изощренность средств оценивания (от анализа документации (спецификации) к исследованиям по месту).

– Поле для маневра, следующего за оценкой, т.е. возможность пересмотра концепции проекта, уменьшается пропорционально тому, как увеличивается изощренность средств оценивания, потому что их использование происходит обычно на поздних стадиях проектирования.

Средства оценивания не всегда доступны в каждый момент времени на всем протяжении процесса проектирования.

Технические требования и другая проектная документация доступны уже на ранних стадиях процесса проектирования и становятся более точными со временем. Следовательно, детальный обзор проектной и аналитической документации по БПУ может рассматриваться как способ оценивания на протяжении всех этапов проекта.

Использование полномасштабного экспериментального стенда предусматривается только на поздней стадии. То же самое относится к полномасштабному прототипу, который может быть использован в фазе прототипирования.

Однако, чтобы ускорить оценку основных вопросов на более ранних этапах проекта, рекомендуется использование неполных экспериментальных стендов или неполных прототипов с частичными симуляторами. Наконец, анализ использования БПУ по месту возможен только в самом конце процесса проектирования.

Степени взаимодействия и полноты увеличиваются с разработкой средств оценивания.

Приложение С (справочное)

Когнитивные аспекты

В общих чертах, исследование когнитивных аспектов сопоставимо с анализом всех функций, составляющих процесс обработки информации человеком. Для целей настоящего стандарта эти функции объединены в три основных типа деятельности оператора:

- обнаружение и наблюдение за отклонениями в состоянии станции;
- диагностика отклонения и планирование корректирующих действий;
- выбор и исполнение управляющих действий.

Для описания когнитивных аспектов можно и рекомендуется использовать модели деятельности человека. На рисунке С.1 описывается подобная модель процесса принятия решения. Эта модель включает в себя три различных фазы когнитивной деятельности, определенные выше.

Валидация обычно включает в себя оценку улучшения характеристик деятельности оператора и оперативного персонала, достигнутого в результате определенных модификаций конструкции БПУ. Эти улучшения могут рассматриваться в сравнении существующей конструкции БПУ с модернизированными с целью выполнения дальнейших усовершенствований или проектирования нового БПУ. Требования к оценке улучшений характеристик функционирования приведены ниже.

С.1 Обнаружение и наблюдение

Данный тип представляет собой деятельность, связанную с получением информации о состоянии станции, включая контроль, осуществляемый операторами с целью определения текущего состояния станции, периодический контроль для обнаружения отклонений в работе, в том числе тенденции, которые слишком малы для срабатывания сигнализации, и контроль, предписанный процедурами, например при передаче смены.

К первичной когнитивной деятельности относятся:

- выявление отклонений от норм или тенденций таких отклонений;

- идентификация состояния.

Оценивание данного типа когнитивной деятельности включает в себя анализ работы на предмет выявления следующих возможных типов ошибок:

- необнаружение или запоздалое обнаружение и/или наблюдение за значениями соответствующих технологических параметров АС;
- неправильное считывание показаний соответствующих параметров АС;
- ошибочное или запоздалое определение состояния АС или последствий этого состояния;
- отказ в коммуникации с другим персоналом при сообщении ему состояния АС или последствий этого состояния, включая отказы, свойственные конкретным системам, вовлеченным в эту коммуникацию. Данная коммуникация включает в себя и передачу смены.

Тесты для получения данной оценки должны включать в себя исследование следующих факторов, влияющих на сложность деятельности:

- большое количество стационарной индикации разного уровня абстракции – индикация состояния оборудования, состояния процесса, состояния функции или состояния цели;
- варьирование технологических параметров станции, являющееся нормальным при изменении состояния АС;
- изменения и/или отсутствие изменений технологических параметров станции из-за нарушений в работы датчиков;
- последовательные изменения состояния АС.

С.2 Диагностика отклонения и планирование корректирующих действий

Данный тип включает в себя все действия, связанные с реагированием на срабатывание сигнализации и нарушения в работе АС. Акцент делается на определении и оценке последствий таких нарушений для выполнения функций и целей станции, и также на выборе или формировании плана реагирования.

Первичная когнитивная деятельность состоит в следующем:

- идентификация нарушения;
- оценка последствий для состояния АС;
- выбор реакции или определение цели;
- формирование плана действий.

Оценивание данного типа когнитивной деятельности включает в себя анализ того, как предполагаемые улучшения работы оператора повлияют на возникновение следующих возможных типов ошибок:

- ошибка в ходе наблюдения или распознавания аномального состояния станции, неисправной работы систем или тенденции отклонения станции от нормального состояния;
- формирование неправильного представления о последствиях на уровне технологических систем АС;
- следование ошибочному решению (игнорируя очевидные факты, которые противоречат поставленной цели);
- чрезмерное доверие привычному ходу рассуждения или знакомым планам реагирования (например, действия по принципу наименьших усилий или по наикратчайшему пути на рисунке С.1)
- неучет негативных побочных эффектов, связанных с планом реагирования (потенциальных конфликтов целей);
- выбор неуместной цели.

Тесты для получения такой оценки должны включать в себя исследование следующих факторов, влияющих на сложность деятельности данного типа:

- многочисленные неисправности, инициирующие срабатывание большого количества сигнализации (лавина сигнализации, вызывающая перегрузку оператора);
- отсутствие или неочевидность признаков происходящих на станции нарушений;
- изменения состояния станции, которые невозможно понять с помощью привычного хода рассуждений;

– многочисленные неисправности, приводящие к ситуации конфликта целей и/или накладывающие ограничения на реализацию определенных планов реагирования.

С.3 Выбор и исполнение конкретных действий

Данный тип включает в себя действия, направленные на изменение состояния или режима работы станции (остановка, снижение мощности, пуск), путем приведения в действие и/или отключения систем и оборудования.

Хотя для данного типа деятельности акцент делается на планирование и исполнение корректирующих действий, соответствующая первичная когнитивная деятельность состоит в следующем:

- наблюдение за состоянием станции;
- выбор и формирование плана реагирования, основанные на диагнозе и включающие в себя выбор цели, планирование пути ее успешного достижения и выбор и/или формулирование действий;
- исполнение действий;
- получение обратной связи о результатах действий.

Эта обратная связь включает в себя проверку того, насколько действия были реализованы, контроль за изменением состояния станции и за достижением поставленных целей.

Когнитивные действия данного типа показаны на рисунке С.1.

Оценивание данного типа когнитивной деятельности включает в себя анализ того, как предполагаемые улучшения работы оператора повлияют на возникновение следующих возможных типов ошибок:

- ошибка контроля действий автоматики и перевода на ручное управление при необходимости;
- неправильный анализ предшествующих условий, прогнозирование побочных эффектов и последующей ситуации;
- невыполнение действия из-за ошибки пропуска или выполнения (неправильное выполнение действия или нарушение последовательности действий);

- ошибка при получении обратной связи, касающейся действия, для проверки степени его выполнения и подтверждения, что действие привело к ожидаемому эффекту для состояния станции и преследуемой цели;
- неспособность действовать в темпе динамики процесса при управлении возникающими событиями;
- ошибка при координации и/или коммуникации с другими членами оперативного персонала.

Тесты для оценивания данного типа деятельности должны включать в себя исследование следующих факторов, влияющих на сложность деятельности данного типа:

- сложная динамика процесса, включающая быстрые или длительные отсроченные во времени изменения процесса;
- отсутствующие или неопределенные значения технологических параметров;
- действия, выполняемые несколькими операторами – как ручные, так и автоматические;
- негативные побочные эффекты действий, требующие переосмысления состояния станции и изменения запланированных действий.

С.4 Использование процедур

Так как все три описанных выше типа когнитивной деятельности требуют использования процедур, то могут возникнуть вопросы оценки этих процедур, независимо от их содержания. При разработке тестов действия по процедурам требуют особого внимания.

В системе прототипирования должны быть представлены как бумажные версии, так и компьютерные средства представления процедур, при этом в тестах должны присутствовать следующие виды действий по процедурам:

- события, требующие последовательного исполнения единственной процедуры;
- события, требующие переходов в пределах одной и между несколькими процедурами;

– события, требующие одновременного использования нескольких процедур;

– события, требующие отклонения от процедуры, или события, порождающие конфликт при выборе процедуры.

В итоге анализа результатов тестов может также возникнуть необходимость модификации уже принятых процедур.

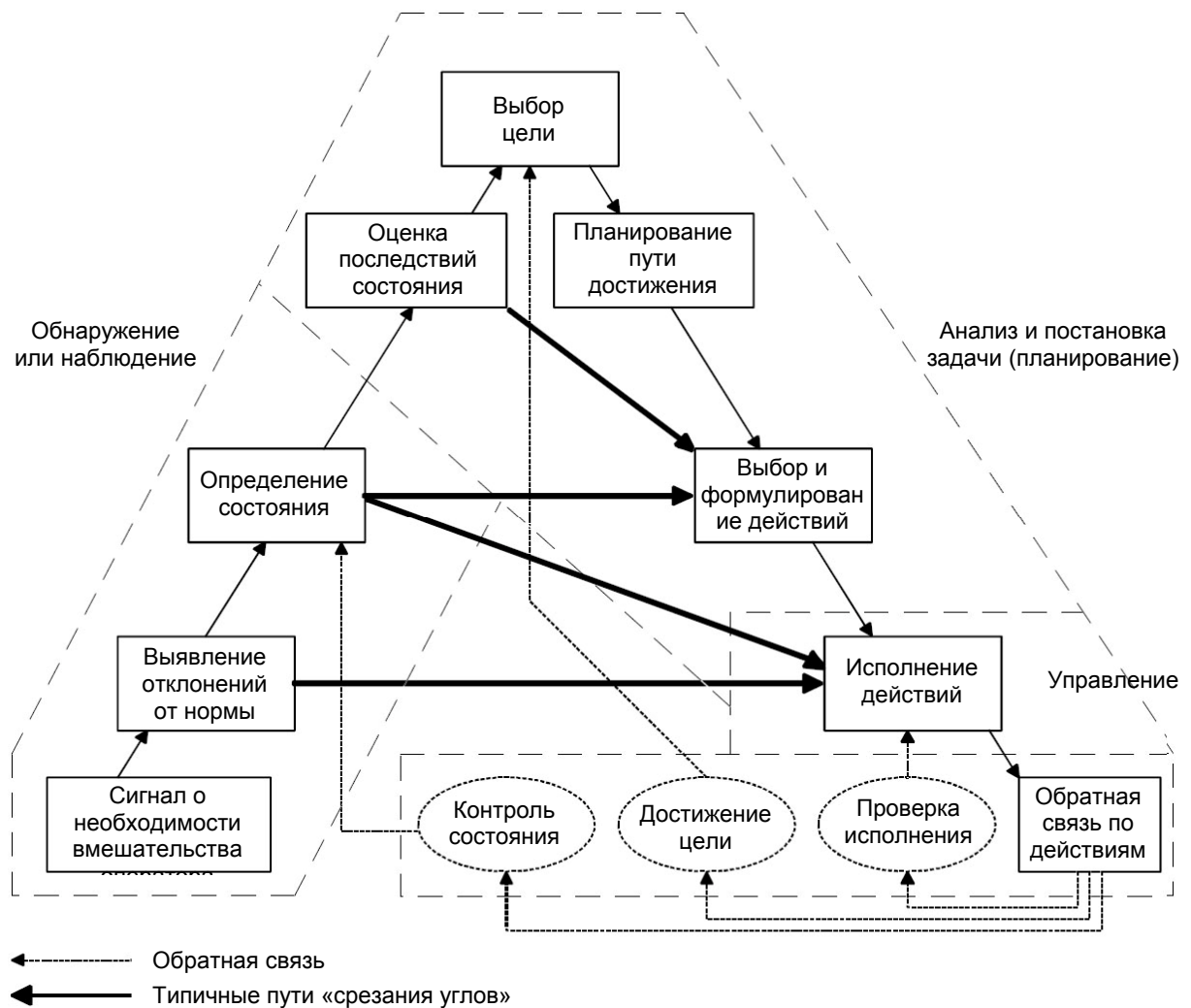


Рисунок С.1 – Модель принятия решения оператором

Приложение D (справочное)

Типичный метод оценивания

В настоящем приложении приводится описание предлагаемого метода оценивания вместе с некоторыми примерами и обсуждением его преимуществ и недостатков.

D.1 Этапы метода

На рисунке D.1 представлена диаграмма, отражающая наиболее общие принципы рассматриваемого метода оценивания:

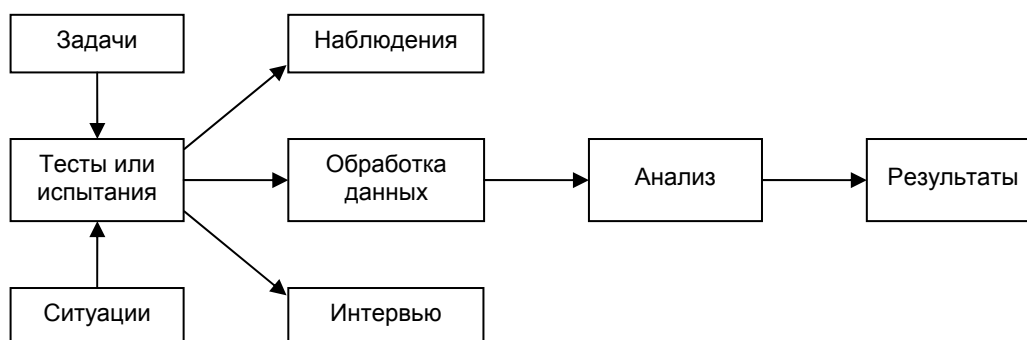


Рисунок D.1 – Типичная организация оценивания

Для каждого направления оценивания определяется круг задач. Эти задачи предполагают анализ, направленный на оценку использования систем БПУ (органов управления, сигнализации) операторами для своей работы. В зависимости от направления оценивания задача может формулироваться более или менее подробно. Примером задачи является подтверждение того, что:

- операторы способны правильно эксплуатировать станцию, независимо от ситуации на ней;

- операторы способны быстро и правильно интерпретировать аварийные сообщения (тесты должны проверить, как обнаруживаются и понимаются нарушения с использованием системы сигнализации);

- оперативный персонал способен разумно и эффективно использовать независимые одновременно исполняемые процедуры (тесты должны охватывать одновременное использование нескольких процедур для управления станцией).

Для каждой задачи анализа определяется перечень результирующих данных:

- результирующими данными являются элементы деятельности операторов (диалог с рабочей станцией, устная коммуникация и направление взгляда) или состояние процесса (появление сигнализации, изменение состояния);

- результирующие данные выбираются в зависимости от задачи. Ими являются элементы деятельности, которые в наибольшей степени (теоретически) способны подтвердить решение задачи анализа.

Одновременно, для каждой цели определяется процедуры первичной обработки, которой подвергаются результирующие данные. Определения типа результирующих данных и процедуры обработки составляют первые шаги анализа, на основе которых можно создать удобную базу данных, позволяющую, при желании, проводить статистический анализ результатов.

Ситуации определяются в зависимости от задач анализа. При использовании прототипа они определяются его способностью более или менее реалистично воспроизвести определенные сценарии:

- проверка может потребовать прохождения и наблюдения за определенными фазами рабочего процесса (например, фаза, в которой объем сигнализации важен для того, чтобы проверить количество экранов для ее представления);

- в определенных ситуациях некоторые потребности могут быть сформулированы таким образом, что они могут быть использованы для нескольких проверок.

Время, отведенное для интервью, дает возможность завершить фазы наблюдения:

- эти интервью могут проводиться во время или после наблюдения;
- во всех случаях определяются средства, которые будут использованы во время этих интервью (анкеты, интервью, направляемые темой обсуждения, данные наблюдений, используемые как вспомогательное средство для интервью).

Эти интервью играют тройную роль и позволяют:

- получить от операторов объяснения полученных результатов, помогающие в их анализе;
- получить более детальные данные о специфических проблемах, возникших в процессе наблюдений;
- получить обобщенное мнение о БПУ (собирая мнения на уровне перечисления преимуществ или недостатков, сильных и слабых сторон).

D.2 Сценарии валидации

Сценарии – это письменные описания отобранных эксплуатационных ситуаций, подходящих для избранного метода валидации. Эти сценарии репрезентативно представляют реальную станцию и охватывают:

- режимы нормальной эксплуатации (например, пуск, работа на номинальной мощности и остановка) и переходные режимы (например, остановка турбины, потеря внешних источников энергоснабжения, полное отключение станции);
- отказ измерительных устройств (например, блоков логики и управления, отказоустойчивых контроллеров, местных мультиплексоров и концентраторов, контроллера);
- множественные отказы оборудования и обработки данных (например, потеря дисплеев, потеря обработки данных, потеря экрана коллективного пользования с обобщенной информацией о станции)
- аварийные ситуации (например, разрыв главного паропровода, внесение положительной реактивности, ввод управляющего стержня на мощности, выброс управляющего стержня, ситуации с отказом срабатывания аварийной защиты, аварии с потерей теплоносителя различного масштаба).

Сценарий описывает начальные условия, надлежащую последовательность реакции со стороны станции и соответствующие симптомы. Задаются ожидаемые пути, которых необходимо придерживаться при управлении станцией и которые послужат критериями оценивания.

В ходе оценивания определяются способы использования оборудования БПУ и встречающиеся на этом пути трудности. Следовательно, отбираемые для анализа ситуации должны охватывать

различные режимы. В зависимости от используемых средств оценивания, перечисленных в п. 4.6.6, эти ситуации будут выбираться по-разному, однако, во всех случаях они будут содержать определенную задачу. Важно иметь возможность управлять характеристиками анализируемых ситуаций, поскольку это позволит затем для каждого направления оценивания выявить хорошо структурированные связи между осуществлением деятельности и условиями выполнения задачи.

При проведении тестов на прототипе, соединенном с симулятором, тестируемые ситуации отбираются не только с точки зрения возможных состояний технологического процесса, но, в особенности, исходя из их влияния на деятельность операторов. Определение сценариев, репрезентативно представляющих ситуации на станции, будет выполнено с учетом различных аспектов деятельности операторов.

Вот почему было бы предпочтительным отделить эргономическую экспертизу от возможной оценки чисто функциональных качеств, для которой требования к сценарию, вероятно, будут другими.

Действительно, учитывая, что цель оценки функциональных качеств состоит в том, чтобы убедиться, что надлежащее использование средств БПУ делает управление любыми ситуациями технически возможным, необходимо подвергнуть испытанию по возможности более широкий спектр эксплуатационных ситуаций, чтобы увидеть, дает ли система возможность реагировать самым различным образом на эти ситуации.

Подобное полное исследование эксплуатационных ситуаций трудно сочетается с идеей отбора репрезентативных сценариев и соответствующих ситуаций, достаточных для выполнения эргономической экспертизы. Кроме того, трудно быть уверенным в статистической значимости результатов и сложно учесть индивидуальные особенности поведения людей.

Такая несочетаемость может увеличить количество необходимых ситуаций, и таким образом, число примеров, подлежащих тестированию.

D.3 Данные и обработка

Оценка разнообразных параметров опирается на сбор и обработку данных в ходе тестов.

Эти данные в первую очередь касаются использования человеко-машинного интерфейса, но также и источников, которые могут служить в качестве справочного материала, таких как подходящие стандарты и рекомендации.

Вообще говоря, состав получаемых данных варьируется в зависимости от используемых средств оценивания (спецификаций, экспериментального стенда, прототипа, реального БПУ). Детальность результирующих данных, а также цель оценивания и данные, доступные оператору, меняются по мере разработки проекта.

Если оценка технических требований к человеко-машинному интерфейсу выполняется на предварительной стадии, то проверить поведение пользователей невозможно. Оценивание может выполняться только путем анализа соответствия эргономическим стандартам, с использованием экспертных оценок эргономистов и чек-листа по наиболее важным оцениваемым характеристикам. На этой стадии данные остаются главным образом качественными, а оценка основывается на экспертных суждениях. Результат зависит от способности эксперта выявить потенциальные проблемы на основе анализа технических требований. Он должен найти отклонения и, если потребуется, дать рекомендации.

На заключительных этапах проекта оценка основывается на наблюдении за тем, как операторы используют средства БПУ, на целях оценивания и сборе данных наблюдения за поведением, прослеживании действий, мнениях и разъяснительных комментариях, полученных от операторов во время интервью.

В действительности необходимо собирать пять видов данных:

- данные об условиях, в которых выполнялось оценивание (параметры, характеризующие имитируемую ситуацию и операторов);
- данные об эффективности воздействия на технологический процесс (эффективность функционирования АС, ошибки);
- данные об использовании интерфейса (отслеживание манипуляций с интерфейсом, регистрация информации);

- данные о наблюдаемом поведении (переговоры, направление взгляда, перемещения, рабочие позы, комментарии);
- данные о восприятии пользователей, запись мнений, высказанных в ходе интервью.

Собранные данные могут быть детализированы или структурированы. Регистрируемые во процессе оценивания данные могут постепенно становиться все более и более структурированными по мере того, как проблемы использования интерфейса становятся более четкими.

Может оказаться необходимым дополнить эти данные результатами различных частных тестов, позволяющих оценить некоторые параметры, которые трудно выделить при проведении комплексных тестов (например, тест способностей памяти, тестирование используемых способов кодирования).

Данные, которые будут собираться, можно классифицировать на объективные данные (например, время выполнения задачи) и субъективные данные (например, суждениям, высказанные персоналом). Эти две категории являются взаимодополняющими и образуют две различных точки зрения на одну и ту же реальность.

Объективные данные (или результаты наблюдений) дают возможность интегрировать информацию, полученную с помощью других средств (мнения операторов, впечатления экспертов), выявить некоторые необнаруженные другими способами явления, или убедиться в достижении цели. Напротив, субъективные данные помогают объяснить типы поведения, наблюдаемого во время тестов, или дают возможность исследовать одни сложные проблемы и обнаружить другие. Например, чрезмерное интенсивное ведение диалога с машиной не обязательно является признаком хорошо сбалансированного проекта, особенно если этот диалог является обязательным из-за отсутствия других способов работы. Это тот самый случай оценивания определенных когнитивных параметров, для которого трудно найти подходящие объективные данные, регистрируемые в ходе наблюдения, поэтому в качестве основы можно взять данные, полученные в ходе интервью.

Типы собираемых данных определяются исходя из состава анализируемых вопросов, точности воспроизведения БПУ и исследуемой должности персонала. В общем случае валидация будет основана как на субъективных данных, так и на объективных измерениях, которые должны дополнять субъективные оценки характеристик функционирования системы. Для субъективных измерений важно определить их надежность и достоверность до их применения в реальных экспериментах по валидации. Для этого следует использовать стандартные методы обработки экспертных оценок (например, анализ корреляции экспертных суждений).

Рекомендуется использование научных методов обработки и анализа данных. Необходимость в базе данных и результатов анализа возрастает при наличии большого объема данных, подлежащих обработке. Без такой базы эти данные могут оказаться непригодными для использования.

База данных обеспечит не только эффективное хранение собранных количественных данных, но и их дальнейшую компьютерную обработку с помощью статистических пакетов.

Рекомендуется, чтобы определение подлежащих сбору данных и процедур обработки, которым планируется подвергать эти данные, выполнялось логически последовательно и априори было встроено в общий процесс, включающий в себя:

- определение целей оценивания;
- определение предмета валидации или характеристик, подлежащих оценке;
- определение данных, которые нужно собрать;
- определение процедур обработки этих данных;
- реальный сбор данных;
- обработку и интерпретацию результатов.

Все данные должны быть структурированы, что позволит их сравнивать и проводить перекрестный анализ, необходимый для эргономической экспертизы по направлениям оценивания, определенным в предшествующих главах.

Рекомендуется, чтобы еще в самой ранней фазе данного этапа эргономисты проконсультировались со специалистами в области математической статистики, которые помогут сделать выбор относительно собираемых данных и их структурирования в виде таблиц в зависимости от предстоящего анализа, а затем помогут обработать эти данные.

Для анализа этих данных могут применяться следующие подходы:

- простая сортировка и представление данных в виде, удобном для анализа определенного события;
- статистический подход, позволяющий выполнить макроскопического анализа явлений;
- эвристический подход, дающий возможность обнаружить наличие явления или элементов информации, касающихся оцениваемой характеристики;
- целенаправленный подход, направленный на более лучшее понимание определенного явления.

D.4 Пример применения

Может быть приведен простой пример: задача может состоять в проверке того, является ли большая обзорная мнемосхема полезной или даже необходимой для смены.

Ситуации и сценарии определяются в соответствии с целью данной мнемосхемы. К числу ситуаций относятся, например, стабильные режимы, аварийные ситуации, потеря автоматизированных рабочих станций.

В качестве объективных данных, подлежащих обработке, определим, например, число взглядов, бросаемых операторами на мнемосхему, и число обменов информацией между операторами.

Во время сценариев эти данные собираются (вручную или автоматически, если это возможно) и обрабатываются в базе данных.

В ходе интервью, проводимых после прогона сценариев, собираются субъективные данные, которые по возможности сравниваются с объективными данными. Например, оператор может заявить, что большая обзорная мнемосхема вообще бесполезна, однако при этом он каждую

минуту бросал на нее взгляд и наблюдал с ее помощью за изменением состояния определенного участка.

D.5 Преимущества и недостатки данного метода оценивания

Описанный метод дает преимущества по некоторому числу позиций:

– В части организации человеческих и технических ресурсов, используемых для оценивания:

такая организация дает возможность собрать вместе средства для проведения эргономической экспертизы работ;

может быть обосновано определенное число заблаговременных капиталовложений (число тестов, количество смен, тип средств сбора данных).

– В части координации наблюдателей:

этап наблюдения дает возможность эргономистам, инженерам и разработчикам, чьи методы и ожидания отличаются друг от друга, собраться вместе, чтобы скоординировать свою деятельность;

каждый из них может быть полностью вовлечен во все направления оценивания;

данный общий подход дает каждому из них возможность найти то, что им необходимо для анализа, ориентированного на их собственные интересы.

– В части формирования средств наблюдения: средства для сбора данных в ходе этапов наблюдения или интервью могут быть определены довольно рано.

– В части реализации и определения последовательности различных стадий данного этапа. Первоначальное разделение исследования на направления дает возможность определить, что планируется получить в результате оценивания, и затем упростить реализацию этапа в соответствии с определенной хронологией, связанной с разделами чернового отчета.

Показанные характеристики этапа могут также привести к определенному числу ошибок и сложностей:

– В части сбора данных и их анализа:

использование шаблона, принятого для анализа результатов, может привести к неправильной интерпретации. В этом случае существует риск, что на эту интерпретацию окажет влияние исходное предположение о вероятной будущей работе. Эргономисты, а также другие специалисты, привлекаемые к оцениванию, могли выдвинуть такие предположения на подготовительной стадии метода;

может возникнуть ограничение, предотвращающее появление проблемы или характерного момента, наблюдаемого во время оценивания, которое не было учтено на подготовительной стадии метода.

- В части полноты метода:

- в ходе применения метода важно оставаться открытыми для возможностей что-то подправить, что позволит исследовать те аспекты, для которых первоначально вообще не предусматривались средства оценивания (например, тестирование запоминания способов кодирования), и гарантировать всесторонний охват данной области.

- В части разделения на направления:

смешанность направлений анализа. Сравнение направлений показывает, что некоторые из них самостоятельны, т.е. их границы понятны, ибо они касаются конкретных объектов оценивания (размеров, диалога и вопросов человеко-машинного взаимодействия), тогда как другие (визуальные, когнитивные аспекты, вопросы групповой работы) являются дополняющими, поскольку их нужно рассмотреть совместно со всеми остальными направлениями (пример: когнитивные аспекты использования интерфейса).

Важно сознавать это отсутствие однородности, главными неудобствами которого могут быть:

- неспособность гарантировать совместимость между направлениями, которая дает возможность повысить качество результатов и избежать противоречий;

- трудности в достижении конечной цели воспроизведения деятельности в целом;

- трудности при обобщении различных направлений.

Подход, основанный на разделении анализа по направлениям, требует, чтобы результаты оценивания были в конце концов реструктурированы и обобщены. Это не всегда легко сделать, особенно если оценивание ситуаций осуществлялось с использованием прототипа БПУ.

В самом деле, в этом случае трудно воссоздать деятельность в целом, т.к. переменные, характеризующие тестируемые ситуации, весьма многочисленны, и следовательно ими трудно управлять в рамках строгого планирования эксперимента.

Для того чтобы уменьшить остроту этих двух проблем, может оказаться необходимым создать рабочие группы по тому или иному направлению, например группу по сигнализации, группу по видеокадрам, группу по компоновке рабочего места, а также группу, в которую входят специалисты по каждому направлению.

Эти рабочие группы, таким образом, обеспечат возможность обобщения направлений по отдельным объектам, и дадут возможность решить проблему интеграции различных сторон эксплуатационной деятельности, возникающую в результате разделения реальности на направления исследования.

Вопрос, на который нужно получить ответ, состоит в следующем: будет или нет метод сразу склоняться к проблемно-ориентированному подходу, зная, что трудно определить эти проблемы априори. Более того, время, затрачиваемое на оценивание, также рассматривается как возможный проблемный фактор.

**Приложение ДА
(справочное)**

**Сведения о соответствии ссылочных международных
стандартов ссылочным национальным стандартам
Российской Федерации**

Т а б л и ц а ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60073	IDT	ГОСТ Р МЭК 60073-2000 Интерфейс человеко-машинный. Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации
МЭК 60964	IDT	ГОСТ Р МЭК 60964–2012 «Атомные станции. Блочный пункт управления. Проектирование»
МЭК 61226	IDT	ГОСТ Р МЭК 61226–2011 «Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Классификация
МЭК 61227	IDT	ГОСТ Р МЭК 61227–2011 Атомные станции. Блочный пункт управления. Органы управления оператора
МЭК 61772	IDT	ГОСТ Р МЭК 61772–2011 «Атомные станции. Блочный пункт управления. Применение дисплеев»
МАГАТЭ 50-SG-D3	–	**
МАГАТЭ 50-SG-D8	–	**
<p>* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.</p> <p>** Текст документа на русском языке доступен на http://www.iaea.org/.</p> <p>Примечание – В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:</p> <p>– IDT – идентичные стандарты.</p>		

УДК 621.311.25

ОКС 27.120.20

Ключевые слова: атомная станция; блочный пункт управления (БПУ), верификация, валидация, проект БПУ, функция, распределение функций,

Президент АНО "ИЗИНТЕХ"

К.Н. Стась