

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р МЭК  
61839 – 2011**

**АТОМНЫЕ СТАНЦИИ**

**Проектирование пунктов управления.  
Функциональный анализ и распределение функций**

**IEC 61839:2000  
Nuclear power plants –  
Design of control rooms –  
Functional analysis and assignment  
(IDT)**

**Издание официальное**

**М о с к в а  
Стандартинформ  
2011**

## 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 Автономной некоммерческой организацией «Измерительно-информационные технологии» (АНО «Изинтех») и Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт атомных электростанций» (ОАО «ВНИИАЭС»)..

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 60965 «Атомные станции. Проектирование пунктов управления. Функциональный анализ и распределение функций» (IEC 61839:2000 Nuclear power plants – Design of control rooms – Functional analysis and assignment»).

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

### 5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*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, 2011

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 .....
2	Нормативные ссылки .....
3	Определения .....
4	Процедура анализа и распределения функций.....
4.1	Общее описание.....
4.1.1	Функциональный анализ.....
4.1.2	Распределение функций .....
4.2	Основная техническая группа для выполнения анализа и распределения функций .....
5	Функциональный анализ.....
5.1	Общие положения.....
5.2	Выявление функций.....
5.3	Определение основных требований к информации и к ее обработке .....
5.3.1	Анализ отдельных функций.....
5.3.2	Выявление временных требований и репрезентативных событий.....
6	Распределение функций .....
6.1	Общие положения.....
6.2	Анализ функций управления .....
6.2.1	Идентификация функциональных единиц.....
6.2.2	Описание функций управления.....
6.2.3	Оценка характеристик функций управления.....
6.3	Разработка критериев распределения .....
6.3.1	Значения характеристик и возможности человека и машины .....
6.3.2	Национальное законодательство, национальные и международные правовые нормы и руководства .....
6.3.3	Правила и политика эксплуатирующей организации и поставщиков .....
6.4	Процесс распределения .....
	Приложение А (справочное) Примеры декомпозиции целей и подцелей.....

Приложение В (справочное) Начало функционального анализа ВВЭР (водо-  
водяной реактор под давлением) .....

Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных  
международных стандартов ссылочным национальным  
стандартам Российской Федерации .....

Библиография.....

Рисунок 1 – Иллюстрация последовательности функционального анализа и  
распределения функций, приведенной в МЭК 60964.....

Таблица 1 – Человек и машина на функциональном и физическом уровне.....

Таблица 2 – Назначение функций человеку и машине – основные критерии.....

# НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

## АТОМНЫЕ СТАНЦИИ

### Проектирование пунктов управления. Функциональный анализ и распределение функций

Nuclear power plants.  
Design of control rooms.  
Functional analysis and assignment

---

Дата введения – 2011 – –

## 1 Область применения и назначение

Настоящий стандарт описывает процедуру анализа и распределения функций (называемую иногда назначением функций) при проектировании пункта управления для атомных станций (АС) и содержит правила выработки критериев распределения функций.

Данный стандарт дополняет МЭК 60964, применяемый при проектировании пунктов управления АС.

Цель настоящего стандарта состоит в изложении детальных требований к проведению анализа и распределения функций, предусмотренного разделами 3.1 и 3.2 МЭК 60964, и, следовательно, данный стандарт заменяет руководство, приведенное в разделах А.3.1 и А.3.2 приложения А МЭК 60964.

Настоящий стандарт может применяться при проектировании новых или при усовершенствовании (обновлении или модернизации конструкции) существующих пунктов управления. В последнем случае следует уделить особое внимание определению областей, которые будут подвергнуты изменениям как непосредственно, так и косвенно.

## 2 Нормативные ссылки

Приведенные ниже нормативные документы содержат положения, на которые имеется ссылка в последующем тексте, и которые вследствие этого рассматриваются как положения настоящего стандарта.

Указанные издания действовали на момент публикации. Все нормативные документы пересматриваются, и стороны, принимающие участие в согласовании настоящего международного стандарта,

приглашаются к исследованию возможности применения самых последних изданий указанных ниже нормативных документов.

Если ссылка содержит дату, то используется документ, изданный именно в этом году, без каких-либо более поздних поправок или редакций. Однако, сторонам, принимавшим участие в согласовании настоящего международного стандарта, предлагается изучить возможность применения более поздних редакций тех нормативных документов, которые перечислены ниже. Если ссылка не содержит дату, то должна использоваться последняя редакция цитируемого документа. Члены МЭК и ИСО ведут учет действующих в настоящее время международных стандартов.

МЭК 60964, Проектирование блочных пунктов управления атомных станций (EC 60964, Design for main control rooms of nuclear power plants)

МЭК 61771, Атомные станции. Блочный пункт управления. Верификация и валидация проекта (EC 61771, Nuclear power plants – Main control room – Verification and validation of design)

### **3 Определения**

В настоящем стандарте применяются определения, данные в МЭК 60964, а также следующие определения:

**3.1 аварийные ситуации** (accident conditions): совокупность ситуаций, описанных в отчетах по анализу безопасности или нарушений и/или в аварийных эксплуатационных процедурах.

**3.2 распределение функций** (functional assignment): распределение функций между человеком и автоматическими компонентами системы

**3.3 человеко-машинный интерфейс (ЧМИ)** (human machine interface, HMI): интерфейс между оперативным персоналом, системой контроля и управления и информационно-вычислительными системами, обеспечивающими связь с АС. Данный интерфейс включает в себя средства отображения информации (СОИ), органы управления (ОУ) и интерфейс системы поддержки оператора (см. человеко–машинный интерфейс в МЭК 60964).

**3.4 вероятностный анализ безопасности (ВАБ)** [probabilistic risk assessment (PRA)]: системный подход к определению аварийных последовательностей, которые могут быть инициированы широким кругом

исходных событий; он включает в себя системный анализ и оценку частоты и последствий реализации аварий.

**3.5 функция управления** (control function): управляющие действия, включая связанные с ними сбор и обработку информации, выполняемые людьми и машинами для достижения функциональной цели<sup>1)</sup>.

**3.6 задачи** (tasks): управляющие действия, осуществляемые людьми для достижения функциональной цели<sup>1)</sup>.

## **4 Процедура анализа и распределения функций**

### **4.1 Общее описание**

В соответствии с требованием раздела 3 МЭК 60964, анализ и распределение функций необходимы в качестве первого шага при проектировании пункта управления (см. рисунок 1). Цель этой процедуры состоит, прежде всего, в выявлении всех функций, необходимых для работы АС, с последующим назначением этих функций людям или машинам.

Должны быть выполнены два основных шага:

- a) функциональный анализ;
- b) распределение функций.

Эти процессы описаны, соответственно, в разделах 5 и 6 настоящего стандарта.

#### **4.1.1 Функциональный анализ**

Выявление функций (см. подраздел 5.2) начинается с определения общих или наиболее существенных целей эксплуатации АС, т.е. безопасное и эффективное производство электроэнергии и защита населения от радиационной опасности, после чего функции верхнего уровня, обеспечивающие достижение этих целей, декомпозируются в иерархию функций, нижний уровень которой составляют функции управления, назначаемые людям или машинам. В целом, функциональный

---

<sup>1)</sup> Настоящее определение отличается от определения, данного в МЭК 60964, однако при этом отражает современное использование данного понятия.

анализ АС является средством для определения всех функций, реализуемых из блочного пункта управления.

В базу данных о функциях различных уровней, выявленных на предыдущем шаге, заносятся также требования, предъявляемые к потоку основной оперативной информации и к ее обработке, необходимой в ходе эксплуатации АС (см. п. 5.3.1).

Следующий шаг анализа состоит в определении временных требований, которое выполняется с учетом достаточного числа основных событий, предусмотренных проектом, и режимов работы АС (нормальной эксплуатации, нарушений нормальной эксплуатации и аварийных режимов) (см. п. 5.3.2). Таким образом, определяются все элементы, необходимые для описания функций, имеющих отношение к пункту управления.

#### **4.1.2 Распределение функций**

Настоящий процесс представляет собой распределение функций между человеком и автоматическими компонентами системы.

В качестве первого шага необходимо определить характеристики выявленных функций с целью:

- а) их объединения в группы, если это необходимо (см. п. 6.2.1);
- б) выявления и подробного описания всех действий, необходимых для выполнения функций (см. п. 6.2.2);
- с) определения ожидаемых типичных значений характеристик функций (см. п. 6.2.3).

Затем на основании предварительно разработанного набора критериев (см. подраздел 6.3) выполняется собственно распределение функций.

Назначение функций человеку означает, что они будут выполняться с помощью ручного управления, контроля со стороны человека, абстрактного мышления или комбинации этих процессов. Назначение функций машинам означает их автоматическое осуществление. Следовательно, на функциональном уровне в качестве машины выступает автоматика, а в качестве человека – персонал пункта управления (см. таблицу 1).

Термин «машина» охватывает ряд аппаратных средств, включающий в себя систему контроля и управления (СКУ) и систему поддержки оператора.

Следует отметить, что системы ручного управления, ОУ и СОИ, позволяющие персоналу пункта управления исполнять назначенные ему функции, являются частью СКУ.

Верификация и валидация распределения функций выходит за рамки настоящего стандарта (см. МЭК 61771).

**Примечание** – Проект АС и последующий анализ функций и задач ограничиваются ожидаемыми исходными событиями, сценариями и комбинациями событий и отказов. Возможно, появится потребность во введении функций диагностики и обработки непредвиденных эксплуатационных ситуаций, которые, очевидно, должны выполняться оперативным персоналом, однако их рассмотрение выходит за рамки настоящего стандарта.

#### **4.2 Основная техническая группа для выполнения анализа и распределения функций**

Как правило, основная техническая группа, выполняющая анализ и распределение функций, должна включать в себя специалистов в следующих областях:

- ядерная и неядерная энергетика;
- системный анализ;
- проектирование СКУ;
- проектирование информационно-вычислительных систем;
- инженерная психология и эргономика;
- эксплуатация АС;
- разработка процедур нормальной эксплуатации и аварийных процедур.

Далее по тексту эта техническая группа будет называться «разработчик».

## **5 Функциональный анализ**

### **5.1 Общие положения**

Процедура функционального анализа должна включать в себя следующие шаги:

- выявление функций;
- выявление потока информации и требований к обработке информации.

### **5.2 Выявление функций**

Цель выявления функций управления состоит в том, чтобы убедиться, что предназначенный для них ЧМИ будет поддерживать их выполнение правильно и в достаточной мере. Например, конструкция ЧМИ пункта управления должна предусматривать наличие и ясное представление оператору всех сигналов и органов управления, связанных с функциями безопасности.

Выявление необходимых функций управления должно быть основано на общей функциональной декомпозиции АС. Используется строго иерархический подход. Данная декомпозиция должна быть получена путем представления общего проекта АС в виде иерархии с указанием целей эксплуатации станции, а именно:

- а) цели обеспечения безопасности (предотвращения выхода радиоактивности в окружающую среду);
- б) цели обеспечения эффективности (управляемого производства электроэнергии).

Затем эти цели должны быть разбиты на подцели, в результате чего образуется иерархическая структура целей, т.е. функциональные цели и подцели связаны друг с другом отношением иерархии.

Для упомянутой выше иерархической структуры целей должны быть выявлены все функции АС, необходимые для достижения этих целей и подцелей. Выявление функций должно вытекать непосредственно из выявления целей. В принципе, понятия «цель» и «функция» являются взаимозаменяемыми. Тем не менее, на верхних уровнях иерархии конструкция АС рассматривается и лучше выражается через цели, в то время как на нижних уровнях более уместно использовать понятие

функции как действия или роли, исполняемой человеком или автоматизированными системами (определение в МЭК 60964).

Разработчик должен последовательно выполнить декомпозицию каждой из этих функций и выработать набор правил, определяющих тот момент, когда иерархический анализ достигает достаточного уровня детализации. Декомпозиция функции обычно прекращается, когда:

а) функция больше не содержит функций управления, например, является чисто механической;

б) достигнут уровень управления отдельными функциями, параметрами или исполнительными механизмами.

Установленные правила должны гарантировать, что на нижнем уровне иерархии присутствует полный набор функций, классифицированных и описанных в соответствующих понятиях, либо что процесс декомпозиции будет остановлен после того, как будут достигнуты элементарные функции и выявлены наиболее важные элементы структуры.

В любом случае, окончательный уровень декомпозиции должен обеспечивать информацию, требуемую для следующего шага проектирования (см. последующие разделы). Чтобы достичь этого окончательного уровня, может понадобиться некоторая итерация.

Получившаяся в результате иерархия будет состоять из функциональных целей на верхнем уровне, функций системного уровня в середине и элементарных функций управления на нижнем уровне, которые назначаются людям или машинам.

Необходимо отметить, что даже если безопасность и эффективность образуют отдельные точки входа в иерархию функций, они, тем не менее, часто обращаются к одним и тем же общим функциям (за исключением таких специфических функций, как обеспечение целостности контейнента). В результате, для таких частных случаев цели достижения эффективности и безопасности могут анализироваться вместе.

При проектировании новой АС процесс декомпозиции сверху вниз обычно выполняется для всех систем станции (т.е. для систем переноса воды, электрических систем и др.). Такая декомпозиция конечных целей на функции, назначаемые затем людям или машинам, должна быть частью общего процесса проектирования АС и не должна выполняться

только лишь для проектирования пункта управления. Это позволит приступить к проектированию пункта управления уже на ранней стадии проектирования всей станции и, как следствие, избежать итераций.

Принципы и критерии, используемые для анализа, должны быть документированы.

Следует заметить, что строгая иерархическая декомпозиция функций не является единственным способом структурирования и представления АС. В зависимости от задач проектирования, могут оказаться более подходящими и другие способы представления функций. Примеры декомпозиции функций приведены в приложениях А и В.

### **5.3 Определение основных требований к информации и к ее обработке**

Следующий шаг функционального анализа состоит в определении основных требований к информации и к ее обработке, необходимым для выполнения каждой из функций управления, определенных на предыдущей стадии.

Сначала каждая функция анализируется отдельно, после чего функции рассматриваются совместно с точки зрения реагирования на определенные исходные события, происходящие на АС, что позволяет оценить временные требования и ограничения.

#### **5.3.1 Анализ отдельных функций**

Для каждой функции управления разработчик должен определить следующее:

- наблюдаемые параметры, которые отражают состояние станции и/или используются в качестве входной информации для функции;
- действия, выполняемые функцией и используемое при этом оборудование;
- эксплуатационные показатели, позволяющие оценить, выполняется ли данная функция;
- отношение к безопасности (т.е. класс безопасности).

Разработчик должен также определить:

- как оценить правильность работы данной функции;

– какие альтернативы имеются в случае деградации функции, и как эти альтернативы можно выбрать. Речь идет об альтернативах, касающихся функций, которые способны вместо анализируемой функции обеспечить достижение функции более высокого уровня. Например, в зависимости от состояния АС могут быть выбраны различные резервирующие друг друга способы отвода тепла;

– эксплуатационные режимы АС, в которых требуется выполнение функции (например, останов при работе на номинальном уровне мощности);

– состояния АС, требующие исполнения функции (например, нормальная эксплуатация, нарушение нормальной эксплуатации, аварийные ситуации);

– обеспечивающие функции (например, вентиляция или электроснабжение).

На данной стадии подход должен быть обобщенным и не должен касаться конкретной реализации или степени участия персонала. Если по технологическим или другим причинам этот выбор уже сделан, то он должен быть указан и подробно описан.

При определении эксплуатационных показателей, свидетельствующих о том, что функция исполняется, иногда целесообразно использовать информацию об основных проектных авариях. Идеальным было бы разработать эксплуатационные показатели на основе чисто физического подхода. Например, один из показателей эффективности отвода тепла от активной зоны может быть определен на основе знаний о материалах, использованных в оболочке ТВЭЛа, таких как температура плавления. Однако не все показатели можно определить таким образом. Иногда следует основываться на информации, полученной в результате анализа аварий.

### **5.3.2 Выявление временных требований и репрезентативных событий**

Чтобы должным образом описать функции, представленные в иерархической структуре, и определить характеристики, зависящие от времени, разработчик должен включить в анализ все репрезентативные события. Данный анализ позволит определить скорость, с которой

влияние исходного события будет распространяться по иерархии и с которой будут затронуты функции верхнего уровня. Соответственно, должны быть определены требования ко времени, в течение которого необходимо выполнить определенные функции.

Для этого должны быть проанализированы следующие сценарии:

а) все эксплуатационные операции, такие как пуск и нормальная работа в режиме выработки электроэнергии;

б) все предусмотренные проектом исходные события, перечисленные в отчете по анализу безопасности (например, авария с потерей теплоносителя, потеря электроснабжения собственных нужд и др.);

с) по мере необходимости, запроектные (тяжелые) аварии, такие как расплавление активной зоны, паровые взрывы и др.

В ходе этого анализа должны быть выявлены те события, которые накладывают самые жесткие требования на временные характеристики и на надежность. Следует рассмотреть следующие события:

– проектные события, которые могут сопровождаться аварийной остановкой реактора или угрозой безопасности;

– события, требующие выполнения операций, субъективно оцениваемых как трудные с точки зрения сложности интерпретации данных или скорости управления и т.п.;

– события, требующие высочайшей уверенности в правильности реакции, например, некоторые аварии;

– события, важные с точки зрения вероятностной оценки риска;

– события, при которых существует высокая вероятность аварийной остановки АС, если вовремя не предприняты корректирующие действия;

– события, частота появления которых высока;

– события, связанные с потерей определенной функции.

## **6 Распределение функций**

### **6.1 Общие положения**

Распределению подлежат функции управления, полученные в результате декомпозиции различных функций. Процедура распределения включает в себя три этапа:

- анализ функций управления;
- разработка критериев распределения;
- процесс распределения.

## **6.2 Анализ функций управления**

Используя базу данных, созданную в ходе функционального анализа (т.е. требования к потоку информации и к ее обработке), разработчик должен выполнить анализ с целью выявления деталей и характеристик функций.

Этот анализ должен быть выполнен в три шага.

### **6.2.1 Идентификация функциональных единиц**

Первый шаг связан с возможной перегруппировкой функций, выявленных в подразделе 5.2, выполняемой для того, чтобы сформировать группы в соответствии с обстоятельствами их предполагаемого дальнейшего использования, и для того, чтобы затем иметь возможность определить их общие характеристики. Может оказаться, что некоторые функции уже связаны таким образом, что они могут рассматриваться как единое целое, т.е. как одна функция.

Разработчик должен выявить функции, требующие одновременного совместного выполнения для обеспечения таких эксплуатационных задач, как пуск АС, изменение мощности, смягчение проектных аварий. Это позволит определить такие факторы, как рабочая нагрузка и временные ограничения, которые невозможно оценить на основе характеристик отдельных функций. Взятые вместе, они будут рассматриваться как функциональная единица.

### **6.2.2 Описание функций управления**

Для каждой функции управления, рассматриваемой в контексте функциональных единиц, разработчик должен определить следующее:

- логические предпосылки для ее реализации (почему требуется исполнение функции);
- управляющие действия, необходимые для ее исполнения (как она может быть осуществлена);

- параметры, необходимые для совершения управляющих действий;
- критерии для оценки результата управляющих действий;
- параметры, необходимые для этой оценки;
- альтернативные критерии.

Параметры, определенные в результате описанного выше анализа, создают основу для выбора оборудования для автоматического контроля и управления и/или интерфейсных устройств взаимодействия с оператором, таких как ОУ и СОИ для отображения этих параметров. Кроме того, это обеспечивает основу для группирования СОИ и ОУ.

Ниже приведен пример функции управления.

Для выполнения заданной функции должен быть, в зависимости от определенных технологических параметров (например, низкий/высокий уровень в баке), запущен/остановлен насос.

В данном случае управляющее воздействие может выполняться вручную (оператор включает/отключает насос, основываясь на показаниях уровня и инструкциях) или автоматически (фактический уровень сравнивается с уставками по уровню, в результате чего вырабатывается необходимый управляющий сигнал на включение/выключение). Иницирующим параметром является уровень в баке. Критерий для оценки результата управляющего воздействия основан на использовании уровня в качестве параметра для оценки и состоит в том, что уровень в баке находится в разрешенном диапазоне; в качестве альтернативных параметров могут выступать потребление тока двигателем насоса, величина расхода на напоре насоса, сигнализация о низком или высоком уровне и др.

### **6.2.3 Оценка характеристик функций управления**

Разработчик должен оценить значения характеристик функции управления и для каждой из этих характеристик выделить несколько классов значений (в соответствии с их уровнем значимости). В ходе оценки характеристик для каждой функции управления должны быть определены требования к ее исполнению. Разработчик должен учесть как надежность, так и обоснованность оценки и определить уровень важности каждой из них. Для поддержки процесса принятия решения оценка

выполняется на основе как объективных (например, время, скорость), так и субъективных измерений. При использовании последних необходимо применять количественные шкалы.

Разработчик должен рассмотреть, как минимум, следующие характеристики, принимая также во внимание нагрузку, обусловленную другими функциями управления, выполняющимися совместно с анализируемой:

- потенциальная рабочая нагрузка на человека во всех эксплуатационных режимах;
- временные факторы (например, скорость, запасы/ограничения времени);
- точность и повторяемость;
- сложность логических рассуждений;
- тип и сложность принятия решения (например, оценка нелинейных связей, сценариев, которые недостаточно исчерпывающе проанализированы);
- влияние типа события, на фоне которого выполняется задача, на показатели эффективности функции управления;
- последствия потери функции и связанные с этим временные факторы.

При оценке соответствующих характеристик разработчику целесообразно проконсультироваться со специалистами в области эргономики или прикладной психологии, имеющими опыт использования методов анализа задач и их применения при проектировании систем, а также с разработчиками самой системы. В конце разработчик должен классифицировать каждую функцию управления в соответствии со значениями ее характеристик.

Принципы и критерии, используемые в ходе данного анализа, должны быть документально оформлены.

### **6.3 Разработка критериев распределения**

Параллельно с анализом функций управления разработчик должен выработать критерии для принятия принципиального решения по распределению функций:

- людям или машинам;
- для дистанционного ручного управления или для ручного управления по месту.

Данный критерий должен быть основан на:

- значениях характеристик и возможностях человека и машины;
- национальном законодательстве, национальных и международных правовых нормах и руководствах;
- правилах и политике эксплуатирующей организации и поставщиков (опыт эксплуатации и обслуживания, социальные аспекты и т.д.);
- стоимости.

### **6.3.1 Значения характеристик и возможности человека и машины**

#### 6.3.1.1 Основные критерии

а) Критерии для назначения функций человеку или машине.

Критерии для назначения функций человеку или машине должны в первую очередь учитывать следующие факторы:

- потенциальная рабочая нагрузка на человека во всех эксплуатационных режимах;
- точность и повторяемость;
- временные факторы;
- типы и сложность принятия решения и необходимых логических рассуждений.

Основные значения критериев приведены в таблице 2.

Быстрое развитие возможностей и ресурсов СКУ приводит к исчезновению четкой границы между функциями, которые лучше всего назначать оператору, и функциями, предназначенными для машины. Для каждого нового проекта может потребоваться пересмотр списка критериев назначения. Нужно также иметь в виду, что люди и машины должны рассматриваться как взаимно дополняющие друг друга компоненты пункта управления.

б) Критерии для выбора дистанционного или местного ручного управления функцией.

Критерии для выбора дистанционного или местного ручного управления функцией должны, прежде всего, быть основаны на значениях следующих характеристик:

- временные факторы;
- легкость доступа и необходимое для этого время;
- наличие операторов по месту;
- последствия потери функции и связанные с этим временные факторы;
- легкость связи;
- мощность облучения;
- факторы окружающей среды (термальные, шум);
- средства управления, которые могут потребоваться по месту в случае эвакуации из БПУ.

Функции, которые требуют немедленного или относительно быстрого реагирования, не должны управляться из зоны, в которой отсутствует постоянно дежурящий персонал (т.е. по месту). Если нет четкого обоснования применения ручного управления, то функция должна исполняться автоматикой.

Следует также учитывать критерии, вытекающие из общей концепции автоматизации АС (см. п. 6.3.3).

#### 6.3.1.2 Возможности оператора

В зависимости от характера действий оператора необходимо различать следующие типы назначаемых ему функций:

- когда он выполняет собственно саму задачу управления;
- когда он контролирует работу автоматической системы, выполняющей функцию управления;
- когда он решает задачи, связанные с абстрактным мышлением, такие как диагностика.

Настоящий анализ должен дать информацию, необходимую для разработки концептуальной структуры информационной системы и

функциональной организации ресурсов для выполнения каждой задачи принятия решения и управления.

Для каждой потенциальной функции оператора необходимо иметь оценки базовых возможностей человека, связанных с обработкой информации и физической реакцией. Эти оценки включают в себя характеристики восприятия при обнаружении сигналов (например, визуальное восприятие), объем памяти и скорость реакции. Для выполнения предварительного распределения, эти базовые возможности человека можно сравнить со способностями, требуемыми для исполнения каждой функции. Также важно, чтобы разработчик ознакомился с опытом эксплуатации соответствующих предыдущих проектов с целью выявления любых проблем, связанные с работой человека. Оценки способностей человека, требуемых для исполнения каждой функции, должны быть уточнены на основе результатов верификации и использованы для пересмотра распределения функций, а также для более детального определения способностей, которыми должен обладать оператор.

Если требования, касающиеся времени реакции оператора, не могут быть выполнены, то необходимо рассмотреть возможность полной автоматизации данной функции управления.

В качестве источника информации для принятия решения о распределении задач, связанных с безопасностью в аварийных ситуациях, могут выступать расчетные обоснования аварийных процедур для станций предшествующих проектов с аналогичными характеристиками, которые служат технической основой для написания процедур управления авариями.

Различные типы данных, предоставляемых оператору, должны быть сгруппированы по решаемым задачам, а не по источникам этих данных. Конечной целью является такая организация информации, поступающей из различных источников, которая ориентирована на каждую задачу принятия решения. Это позволяет обеспечить оператора всесторонней информационной картиной по решаемой задаче и избежать перегрузки, выходящей за пределы его возможностей.

### 6.3.1.3 Возможности СКУ по обработке информации

Анализ возможностей СКУ по обработке данных должен начинаться с определения ограничений и функциональных требований к системе и/или оборудованию, за которым следует более подробное описание последовательностей эксплуатационных событий и требований к ЧМИ для каждой задачи. Цель этого процесса состоит в упорядочении машинной информации и возможностей машины по отношению к задачам, предусматривающим взаимодействие с оператором.

Такое упорядочение облегчит оценку возможностей как автоматического управления, так и управления, реализуемого человеком, для каждой задачи принятия решений и управления. Оценка возможностей СКУ по обработке информации должна, в конечном счете, дать ответ на вопрос, удовлетворяет ли система и/или оборудование требованиям к объему данных, к времени отклика и к точности, а также стандартам в области инженерной психологии, определяющим ЧМИ для каждого типа оборудования.

Для снижения вероятности ошибок оператора, системы управления должны быть разработаны таким образом, чтобы удерживать станцию в безопасных пределах без какого-либо вмешательства оператора в течение заданного периода времени после возникновения на АС определенных аварийных ситуаций. Этот период времени должен быть отражен в функциональных требованиях и требованиях к надежности систем автоматической защиты и управления.

Примеры проектных требований относительно рекомендуемого периода задержки вмешательства оператора можно найти в ANSI/ANS 58.8 или в различных национальных регламентах (правила 10 минут, 30 минут).

### **6.3.2 Национальное законодательство, национальные и международные правовые нормы и руководства**

Национальное законодательство может включать в себя некоторые требования к проекту, фиксируемые еще на этапе предварительного утверждения проекта. Такие требования могут быть специфическими для определенной страны, либо основываться на международных правилах,

например на руководствах по безопасности или нормах и правилах МАГАТЭ.

### **6.3.3 Правила и политика эксплуатирующей организации и поставщиков**

Критерии, используемые для проекта АС в целом, для выработки концепции автоматизации и определения роли персонала станции, составляют главный вопрос, решаемый обычно заранее, на этапе определения общей конструкции АС. Эти критерии могут использоваться в качестве входных данных для процесса распределения функций.

Комплектование персонала пункта управления хорошо обученными и тренированными операторами – важный фактор эффективной работы и, следовательно, экономичности АС. Вопросы и принципы промышленной эксплуатации АС описаны в подразделе 2.6 МЭК 60964.

## **6.4 Процесс распределения**

Процесс распределения должен начаться с выявления тех функций управления, для которых автоматизация является обязательной, а также тех функций, для которых обязательным является управление человеком. Это обычно можно сделать на основе анализа регламентов, политики и оценки очевидных ограничений, присущих работе человека или машины. Например, функция обязательно назначается машине в случае, когда агрессивные условия окружающей среды делают невозможным присутствие человека или когда требуемое время реакции превышает человеческие возможности.

Результаты процесса распределения должны послужить в качестве исходных данных для последующего детального проекта автоматизации АС и для выпуска станционных эксплуатационных процедур (инструкций по эксплуатации, инструкций по ликвидации аварийных ситуаций).

Процесс распределения является более трудным для тех функций, для которых нельзя однозначно определить их обязательное назначение. В этом случае цели, определенные в ходе функционального анализа, должны быть сопоставлены с возможностями людей и машин на основе критериев, разработанных в п. 6.3.1.

Разработчик должен выполнить распределение функций, сравнивая значения характеристик классифицируемых функций управления с

критериями распределения. Распределение функций должно продолжаться до тех пор, пока не будут устранены все недостатки проекта, выявляемые на стадии верификации и валидации, которая проводится в соответствии с МЭК 61771.

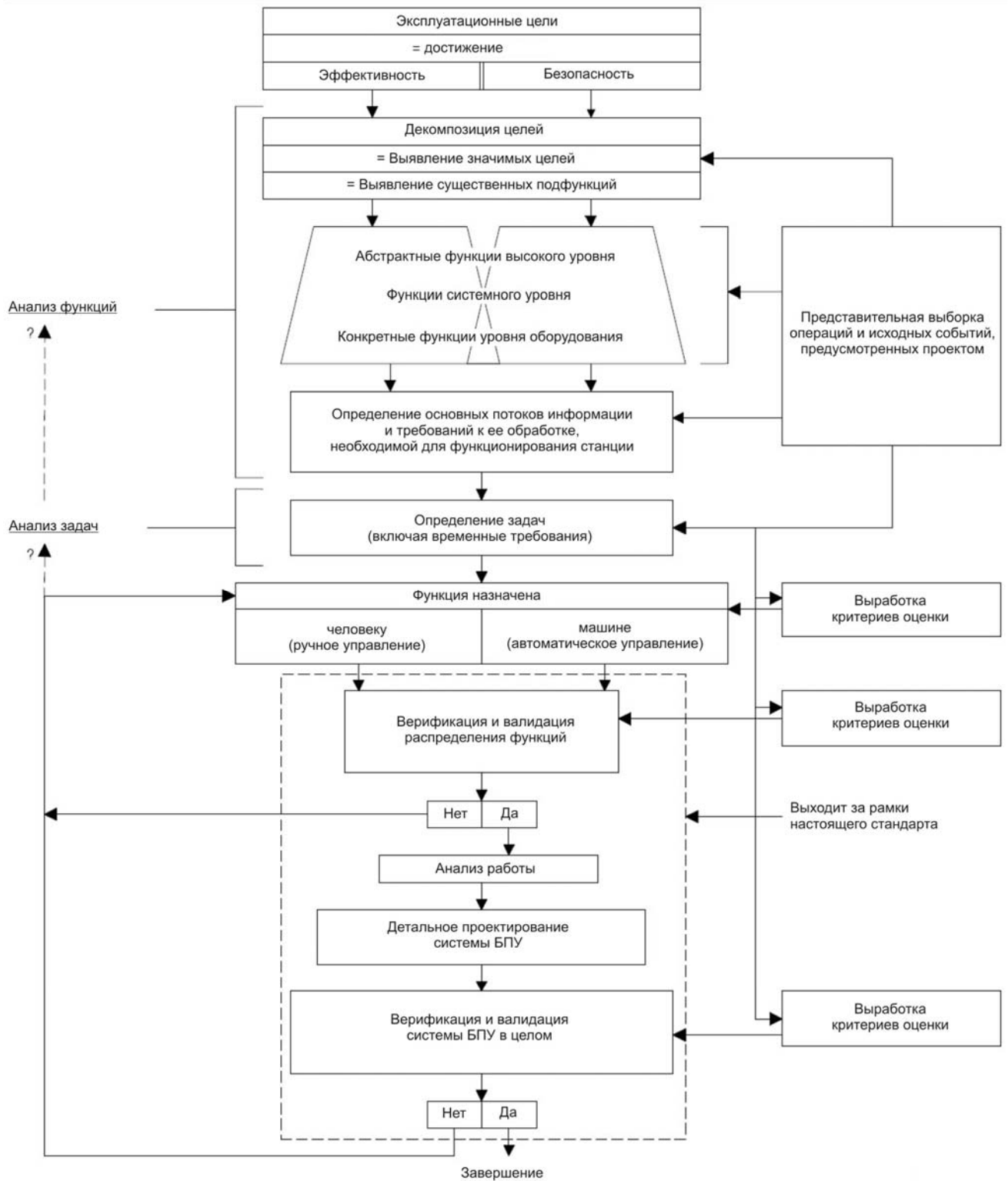
Дальнейшие рекомендации можно найти в документе МАГАТЭ TECDOC 668. Предлагаемый способ состоит в разделении функции на следующие четыре категории:

- функции, которые должны быть автоматизированы;
- функции, которые лучше автоматизировать;
- функции, которые должны быть отданы людям;
- функции, которые должны выполняться совместно.

Наконец, могут быть выявлены функции, для которых необходимо совместное выполнение задач людьми и машинами. Вообще говоря, даже если функция управления автоматизирована, некоторое вмешательство человека все равно необходимо (например, проверка правильности работы автоматики, резервирование автоматики, ручное управление при отказе автоматики).

Поскольку процесс распределения является итерационным, все назначения, включая те, которые определены как обязательные, должны проверяться с учетом экономических и технологических факторов, а также согласованности между априорно определенной ролью оператора (см. подраздел 6.3) и его ролью, вытекающей из процесса распределения. В результате могут понадобиться дальнейшие итерации.

Принципы и критерии, используемые в анализе, должны быть документированы и должны включать в себя анализ факторов, связанных с возможностями и ограничениями как персонала пункта управления, так и автоматической системы управления.



МЭК 1007/2000

Рисунок 1 – Иллюстрация последовательности функционального анализа и распределения функций, приведенной МЭК 60964

Т а б л и ц а 1 – Человек и машина на функциональном и физическом уровне

Функциональный уровень		Физический уровень	
Функции назначены	Функции исполняются с помощью	Машина (оборудование)	Человек
Человеку	Абстрактного мышления Контроля (связанного как с ручным, так и с автоматическим управлением) Ручного управления (включая дублирование автоматики)	<p>Система поддержки оператора СОИ ОУ Система ручного управления</p>	Человечно-машинный интерфейс Интерфейс СКУ Оперативная смена
Машине	Автоматического управления	Система автоматического управления	

Т а б л и ц а 2 – Назначение функций человеку и машине – основные критерии

Характеристика	Назначение	
	Человеку	Машине
Нагрузка	Средняя	Высокая, очень низкая
Запас времени	Большой	Малый, очень большой
Скорость	Средняя	Высокая, очень низкая
Сложность логических рассуждений	Простая	Сложная

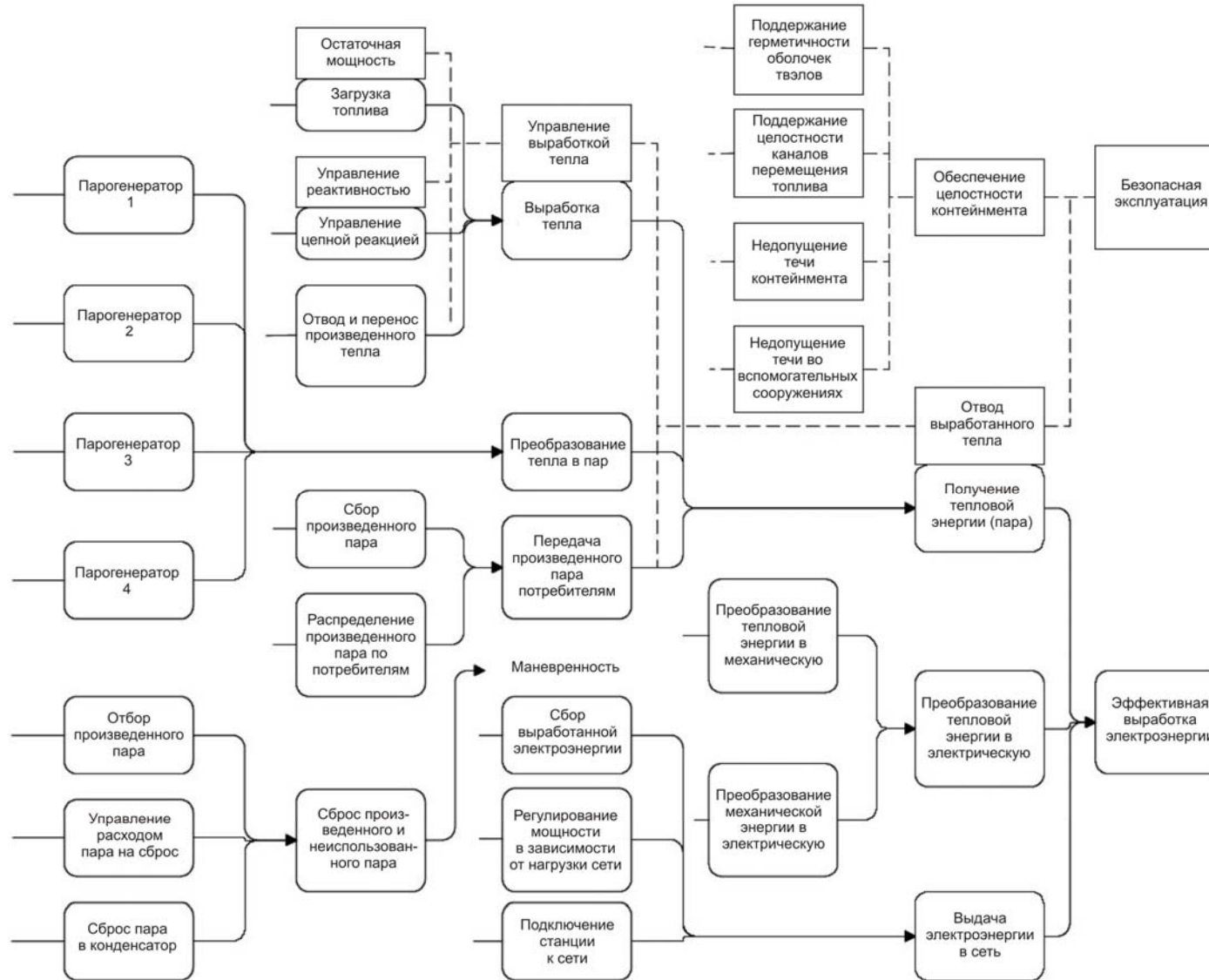
**Приложение А  
(справочное)**

**Примеры декомпозиции целей и подцелей**

<b>ЦЕЛИ</b>	<b>1-я подцель</b>	<b>2-я подцель</b>	<b>3-я подцель</b>	<b>4-я подцель</b>
<b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ АС</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Пуск</li> <li>- Генерация пара</li> <li>- Выработка электроэнергии</li> <li>- Остановка и перегрузка топлива</li> <li>- Обращение с топливом</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Управление нейтронной мощностью</b></li> <li>- Управление отводом тепла от активной зоны</li> <li>- Функционирование системы охлаждения активной зоны реактора</li> <li>- Управление запасом теплоносителя</li> <li>- Управление турбогенератором</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Контроль мощности нейтронного потока</li> <li>- <b>Управление положением стержней</b></li> <li>- Управление концентрацией бора</li> <li>- Контроль параметров теплоносителя на входе в активную зону</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Контроль положения стержней</li> <li>- Регулирование положения стержней</li> </ul>
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ АС</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Управление реактивностью</li> <li>- Обеспечение охлаждения активной зоны реактора</li> <li>- Обеспечение целостности системы охлаждения реактора</li> <li>- Обеспечение целостности контейнента</li> <li>- Управление радиоактивными отходами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Поддержание давления в контейнменте</b></li> <li>- Поддержание температуры в контейнменте</li> <li>- Поддержание целостности (система локализации)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Управление спринклерной системой контейнента</b></li> <li>- Управление вентиляцией контейнента</li> <li>- Управление системой подачи газа в контейнмент</li> <li>- Управление системой охлаждения контейнента</li> <li>- Управление концентрацией водорода</li> <li>- Управление системой защиты от превышения давления в реакторе</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Включение спринклерной системы</li> <li>- Отключение спринклерной системы</li> <li>- Управление состоянием спринклерной системы</li> </ul>

## Приложение В (справочное)

### Начало функционального анализа ВВЭР (водо-водяной реактор под давлением)



МЭК 1009/2000

**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 60964	–	*
МЭК 61771	IDT	ГОСТ Р МЭК 61771-2011 «Атомные станции. Блочный пункт управления. Верификация и валидация проекта»
<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>Примечание – В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:</p> <p>– IDT – идентичные стандарты.</p>		

**Библиография**

- [1] МЭК 60960:1988 (IEC 60960:1988) Функциональные требования к системам представления параметров безопасности для атомных электростанций (Functional design criteria for a safety parameter display system for nuclear power stations)
- [2] МЭК 60965:1989 (IEC 60965:1989) Резервные пункты управления для остановки реактора без доступа в блочный пункт управления (Supplementary control points for reactor shutdown without access to the main control-room)
- [3] МЭК 61225:1993 (IEC 61225:1993) Атомные станции. Требования к электроснабжению (Nuclear power plants – Requirements for electrical supplies)
- [4] МЭК 61226:1993 (IEC 61226:1993) Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Классификация (Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Classification)
- [5] МЭК 61227:1993 (IEC 61227:1993) Атомные станции. Пункты управления. Органы управления оператора (Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls)
- [6] МЭК 61772:1995 (IEC 61772:1995) Атомные станции. Блочные пункты управления. Применение дисплеев [Nuclear power plants – Main control rooms – Application of visual display (VDU)]
- [7] МАГАТЭ 110:1993 (IAEA 110:1993) Серия «Безопасность». Безопасность ядерных объектов (Safety Series – The safety of nuclear installations)
- [8] МАГАТЭ 50-P-4:1992 (IAEA 50-P-4:1992) Практика безопасной эксплуатации. Процедуры проведения вероятностного анализа безопасности атомных электростанций [A Safety Practice. Procedures for conducting probabilistic safety assessments of nuclear power plants (Level 1)]
- [9] МАГАТЭ 50-C-0 (редакция 1): 1988 Нормы и правила. Правила безопасности для атомных электростанций: Эксплуатация. STI/PUB/799 (Code of Practice. Code on the safety

- [IAEA 50-C-0 of nuclear power plants: Operation. STI/PUB/799)  
(rev. 1):1988]
- [10 МАГАТЭ Руководство по безопасности, Защитные системы  
] 50-SG-D3:1980 и связанное с ними оборудование атомных  
(IAEA электростанций (Safety Guide. Protection system  
50-SG-D3:1980) and related features in nuclear power plants)
- [11 МАГАТЭ Руководство по безопасности. Общие принципы  
] 50-SG-D11:1986 проектирования безопасных атомных  
(IAEA электростанций (Safety Guide. General design  
50-SG-D11:1986) safety principles for nuclear power plants)
- [12 Труды конференции IAEA/OECD/NEA, Мюнхен, STI/PUB/843:1991,  
] Достижение баланса между действиями человека и автоматики на  
атомных электростанциях (IAEA Proceedings, Munich,  
STI/PUB/843:1991, Balancing automation and human action in nuclear  
power plants. IAEA/OECD/NEA Meeting)
- [13 МАГАТЭ Сбор данных и классификация ошибок человека  
] TECDOC (Human error classification and data collection)  
538:1990 (IAEA  
TECDOC  
538:1990)
- [14 МАГАТЭ Пункты управления и человеко-машинный  
] TECDOC интерфейс на атомных электростанциях (Control-  
565:1990 (IAEA rooms and man/machine interface in nuclear power  
TECDOC plants)  
565:1990)
- [15 МАГАТЭ Сбор данных и моделирование надежности  
] TECDOC человека (Human reliability data collection and  
618:1991 (IAEA modeling)  
TECDOC  
618:1991)
- [16 МАГАТЭ, Роль автоматики и человека на атомных  
] TECDOC электростанциях (The role of automation and  
668:1992 (IAEA humans in nuclear power plants)  
TECDOC  
668:1992)

- [17 МАГАТЭ, Проектирование пунктов управления для атомных  
] TECDOC электростанций (Control-room systems design for  
812:1995 (IAEA nuclear power plants)  
TECDOC  
812:1995)
- [18 МАГАТЭ Основные принципы безопасности атомных  
] 75-INSAG-3:1988 электростанций (Basic safety principles for nuclear  
(IAEA power plants)  
75-INSAG-  
3:1988)
- [19 EPRI NP-6560- Подход к анализу надежности человека,  
] L:1990 основанный на индивидуальном анализе станции  
[Human reliability analysis approach using  
measurements for individual plant examination (IPE)]
- [20 ANSI/ANS Критерии для установления проектных требований  
] 58.8:1994 к времени реакции операторов ядерных объектов  
(Time response design criteria for nuclear operator  
actions)

---

УДК

ОКС 27.120.20

Ключевые слова: атомная станция;

---

Президент АНО "ИЗИНТЕХ"

К.Н. Стась