РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

# ПРАВИЛА

## КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ АТОМНЫХ СУДОВ И ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ

2-020101-055

Санкт-Петербург
2008

gost.e-ecolog.ru

Правила классификации и постройки атомных судов и плавучих сооружений Российского морского регистра судоходства утверждены в соответствии с действующим положением и вступают в силу с 1 января 2009 года.

Настоящее (шестое) издание Правил составлено на основе пятого издания 2004 г. с учетом изменений и дополнений, подготовленных непосредственно к моменту переиздания.

Эти изменения и дополнения связаны с вступлением в силу новых резолюций ИМО и нормативных документов в области использования атомной энергии. В Правилах учтены предложения организаций, участвующих в создании и эксплуатации атомных судов, а также результаты опыта применения пятого издания Правил.

ISBN 978-5-89331-066-5 © Российский морской регистр судоходства, 2008

# СОДЕРЖАНИЕ

## ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ


**1** Область распространения ..... 8
**2** Применение Правил ..... 9
**3** Определения и пояснения ..... 9
**4** Принятые сокращения ..... 14


## ЧАСТЬ II. КЛАССИФИКАЦИЯ


**1** Символ класса атомного судна и плавучего сооружения ..... 16
**2** Классификационные освидетельствования атомных судов и плавучих сооружений в эксплуатации ..... 16
**3** Техническая документация ..... 24
**3.2** Технический проект атомного судна и плавучего сооружения в постройке ..... 24
**3.3** Рабочая документация для атомного судна или плавучего сооружения в постройке. ..... 26
**3.4** Отчетная документация судна ..... 26
Приложение. Отчетная документация атомного судна (плавучего сооружения) ..... 28


## ЧАСТЬ III. ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ


**1** Общие указания ..... 30
**2** Основные положения ..... 30
**3** Классы состояний ..... 31
**4** Классы безопасности ..... 33
**5** Деление судна (плавучего сооружения) на зоны режимов радиационной безопасности ..... 33
**6** Основные проектные критерии и функции безопасности ..... 33
**7** Принцип единичного отказа ..... 34
**8** Внешние условия ..... 35


## ЧАСТЬ IV. КОРПУС


**1** Общие положения ..... 37

2 Объем технического наблюдения....37
3 Материалы....37
4 Общая прочность....37
5 Местная прочность корпуса в районе реакторного отсека....38
6 Защитная оболочка....38
7 Защитное ограждение....41
8 Фундаменты реактора. Крепление защитной оболочки и биологической защиты....42
9 Сварные конструкции и соединения....43

## ЧАСТЬ V. ДЕЛЕНИЕ НА ОТСЕКИ

1 Общие положения....44
2 Остойчивость поврежденного судна или плавучего сооружения....44
2.1 Размеры повреждения....44
2.2 Коэффициенты проницаемости....45
2.3 Требования к элементам остойчивости поврежденного судна или плавучего сооружения....45
3 Информация об аварийной посадке и остойчивости....46

## ЧАСТЬ VI. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

1 Общие положения....47
2 Конструктивная противопожарная защита....47
3 Противопожарное оборудование и системы....48
4 Сигнализация обнаружения пожара....48
5 Противопожарное снабжение....48

## ЧАСТЬ VII. МЕХАНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

1 Общие положения....49
2 Работа при кренах и дифферентах....49
3 Помещение ППУ....50
4 Расположение механизмов и оборудования ППУ....51
5 Посты управления ППУ....51
6 Специальные требования к топливной системе резервных и аварийных дизель-генераторов....52

## ЧАСТЬ VIII. АТОМНЫЕ ПАРОПРОИЗВОДЯЩИЕ УСТАНОВКИ


**1** Область распространения ..... 53
**2** Объем технического наблюдения ..... 53
**3** Техническая документация ..... 54
**4** Проектные критерии ..... 55
**5** Классы безопасности и классы проектирования ..... 55
**6** Классы состояния установки ..... 59
**7** Анализ аварийных ситуаций ..... 62
**8** Источники энергии для ППУ ..... 67
**9** Влияние внешних условий ..... 67
**10** Общие технические требования ..... 67
**11** Активная зона ..... 70
**12** Реактор ..... 71
**13** Система теплоносителя первого контура ..... 72
**14** Система теплоносителя второго контура ..... 73
**15** Отвод остаточных тепловыделений из реактора ..... 74
**16** Аварийное охлаждение активной зоны ..... 75
**17** Системы и трубопроводы ..... 76
**18** Теплообменные аппараты и сосуды под давлением ..... 77
**19** Система управления и защиты ..... 78
**19.11** Основные проектные положения для управления реактивностью, которые должны учитываться при проектировании ..... 79
**20** Системы и средства контроля ..... 82
**21** Освидетельствования ..... 83


## ЧАСТЬ IX. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ


**1** Объем технического наблюдения ..... 84
**2** Общие требования ..... 84
**3** Система специального осушения контролируемой зоны ..... 84
**4** Системы сжатого воздуха и гидравлические системы, обслуживающие реактор ..... 85
**5** Система снижения давления в защитной оболочке ..... 85
**6** Система специальной вентиляции ..... 86


## ЧАСТЬ X. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ


**1** Общие положения ..... 88
**1.1** Область распространения ..... 88

**1.2** Определения и пояснения ..... 88
**1.3** Объем технического наблюдения ..... 89
**1.4** Техническая документация ..... 89
**2** Общие требования ..... 89
**3** Основная электрическая система ..... 90
**4** Аварийная электрическая система ..... 92
**5** Переходные источники электрической энергии ..... 93
**6** Освещение ..... 94
**6.1** Основное освещение ..... 94
**6.2** Аварийное освещение ..... 94
**7** Электрическое оборудование системы автоматики и контроля ППУ, системы радиационного контроля ..... 95
**8** Питание от внешнего источника электрической энергии ..... 95
**9** Кабельная сеть контролируемой зоны ..... 95
**10** Внутренняя связь ..... 97
**11** Проверки и испытания электрического оборудования ..... 97

## ЧАСТЬ XI. АВТОМАТИЗАЦИЯ

**1** Общие положения ..... 98
**1.1** Область распространения ..... 98
**1.2** Объем технического наблюдения ..... 98
**1.3** Техническая документация ..... 98
**2** Общие требования ..... 98
**3** Системы аварийно-предупредительной сигнализации (АПС), индикации и защиты ..... 99

## ЧАСТЬ XII. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**1** Объем технического наблюдения ..... 103
**2** Определения и пояснения ..... 103
**3** Защита от радиоактивных излучений ..... 104
**4** Радиационный контроль ..... 106
**5** Обращение с радиоактивными отходами. Общие положения ..... 108
**6** Обращение с твердыми радиоактивными отходами (ТРО) ..... 110
**7** Обращение с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО) ..... 110
**8** Обращение с газообразными радиоактивными отходами ..... 111
**9** Хранилища тепловыделяющих сборок активных зон ..... 112

Приложение 1. Информация о безопасности судна (плавучего сооружения) ..... 113
Приложение 2. Руководство по эксплуатации АЭУ атомного судна (плавучего сооружения) ..... 124
Приложение 3. Элементы герметичного контура защитных оболочек атомных ППУ. Методика расчета норм герметичности ..... 126

# ЧАСТЬ I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

**1.1** Правила классификации и постройки атомных судов и плавучих сооружений[1] Российского морского регистра судоходства[2] распространяются на атомные суда и плавучие сооружения (определения атомного судна и атомного плавучего сооружения – см. разд. 3) с двухконтурными атомными паропроизводящими установками (ППУ) и водо-водяными ядерными реакторами.

**1.2** Для атомных судов и плавучих сооружений, на которых используются ППУ иных типов, чем указано в 1.1, объем технических требований устанавливается Регистром особо.

**1.3** Настоящие Правила являются основным нормативно-техническим документом Регистра, регламентирующим вопросы безопасности, связанные со спецификой атомных судов и плавучих сооружений как источника вредного радиационного воздействия на эксплуатационный персонал, пассажиров, население и окружающую среду.

**1.4** Настоящие Правила устанавливают нормы и критерии безопасности атомных судов и плавучих сооружений, принципы и порядок их классификации, технические требования к проектированию и испытаниям, соблюдение которых обеспечивает безопасность.

---

[1] В дальнейшем – настоящие Правила.

[2] В дальнейшем – Регистр.

## 2 ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВИЛ

**2.1** Все требования Правил классификации и постройки морских судов[1], Правил по оборудованию морских судов, Правил по грузоподъемным устройствам морских судов, Правил о грузовой марке морских судов и Правил по предотвращению загрязнения с судов в полной мере относятся к атомным судам и плавучим сооружениям, за исключением положений, по которым в настоящих Правилах даются иные требования или указания.

**2.2** Настоящие Правила применяются к атомным судам и плавучим сооружениям, их механизмам и оборудованию, проекты которых представляются Регистру на одобрение после вступления настоящих Правил в силу.

**2.3** К атомным судам и плавучим сооружениям в постройке, а также к изделиям для них, техническая документация на которые одобрена Регистром до вступления в силу настоящих Правил, применяются правила, которые действовали на момент одобрения этой документации.

**2.4** К атомным судам и плавучим сооружениям, переоборудуемым или восстанавливаемым, настоящие Правила применяются настолько, насколько это целесообразно и технически обосновано в каждом конкретном случае.

## 3 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

**3.1** Определения и пояснения, относящиеся к общей терминологии Правил РС, приведены в части I «Классификация» и в соответствующих частях Правил РС.

В настоящих Правилах приняты следующие определения.

Аварийная защита (аварийная защита ядерного реактора) – функция системы управления и защиты ядерного реактора по предотвращению развития аварийной ситуации на ядерном реакторе быстрым переводом реактора в подкритическое состояние.

Аварийное состояние – состояние судна, установки или агрегата после непредусмотренной быстротечной полной утраты их способности выполнять назначенные функции (состояние после аварии).

Активная зона – часть ядерного реактора, содержащая ядерное топливо, в которой происходит управляемая цепная ядерная реакция.

Атомная паропроизводящая установка (ППУ) – часть атомной энергетической установки, предназначенная для выработки пара за счет использования атомной энергии.

Атомная энергетическая установка (АЭУ) – главная энергетическая установка, предназначенная для выполнения основных фун-

[1] В дальнейшем – Правила РС.

кций атомного судна или атомного плавучего сооружения. АЭУ включает в себя ППУ, главную и вспомогательные турбогенераторные установки и электроэнергетическую установку.

Атомное плавучее сооружение (ПС) – самоходное или несамоходное плавучее сооружение, на котором в качестве источника энергии для выполнения его основных функций используется атомная энергия (электростанция, тепловая станция или иное технологическое сооружение).

Как правило, это сооружения стоечного типа. Самоходные ПС могут использовать для обеспечения их движения органическое топливо или атомную энергию. На самоходных ПС, использующих атомную энергию для обеспечения их движения, требования к ПС и их ППУ аналогичны требованиям к атомным судам и их ППУ. На самоходных ПС, использующих органическое топливо для обеспечения их движения, к их ППУ предъявляются такие же требования, как к ППУ несамоходных ПС.

Атомное судно (АС) – судно, на котором в качестве источника энергии для обеспечения его движения используется атомная энергия.

Бак металловодной защиты ядерного реактора (бак МВЗ) – устройство, состоящее из слоев металла и воды и предназначенное для ослабления радиоактивного излучения активной зоны ядерного реактора.

Биологическая защита ядерного реактора – элементы конструкции ядерного реактора и слой воды, предназначенные для защиты персонала от радиоактивного излучения.

Величина утечки – масса (объем) воздуха, вышедшего из контролируемого объема при определенных начальных параметрах (давлении, температуре) в единицу времени.

Величина относительной скорости утечки (относительная скорость утечки) – отношение величины утечки (по массе или объему) к массе (объему) воздуха в контролируемом объеме при определенных начальных параметрах (давлении, температуре и др.), выраженное в процентах за единицу времени.

Газообразные радиоактивные отходы – радиоактивные отходы в виде газовых и аэрозольных выбросов.

Герметичность – свойство конструкций, систем и их элементов препятствовать газовому или жидкостному обмену через них в пределах, определяемых проектом.

Дата постройки атомного судна (плавучего сооружения) – дата фактического окончания технического наблюдения за постройкой судна (плавучего сооружения) и выдачи Классификационного свидетельства.

Единичный отказ – случайное техническое событие, результатом которого является утрата элементом установки или системы способности

выполнять предназначенные функции безопасности или технические функции. Множественные отказы, являющиеся результатом одного события или ошибки оператора, рассматриваются как части единичного отказа.

Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) – радиоактивные жидкие среды, содержащие растворенные или взвешенные радионуклиды выше значений, установленных действующими нормами и правилами, и не подлежащие дальнейшему использованию.

Запроектная (гипотетическая) авария – анализируемая в проекте маловероятная авария, для которой не предусматриваются технические меры, обеспечивающие безопасность.

Защитная оболочка – судовая конструкция, внутри которой размещается ППУ и которая предназначена для удержания в приемлемых пределах выбросов радиоактивных веществ из элементов ППУ.

Защитное ограждение – судовое конструктивное ограждение, окружающее защитную оболочку и существенные источники радиоактивности, связанные с ППУ, и предназначенное для дополнительного ограничения утечки радиоактивных веществ из защитной оболочки в другие части судна или плавучего сооружения и в окружающую среду.

Класс безопасности – класс, присваиваемый конструкциям, системам и их элементам в зависимости от их важности для ядерной безопасности судна или плавучего сооружения, которая определяется с учетом последствий утраты функций, выполняемых ими в различных предполагаемых ситуациях.

Класс проектирования – класс, устанавливающий определенные нормы проектирования оборудования и систем ППУ в зависимости от степени их влияния на безопасность ППУ.

Класс состояний – группа состояний, выделенная по признакам частоты появления и предполагаемым последствиям, которые могут иметь место при нормальной эксплуатации или предвидимых эксплуатационных неисправностях и авариях, а также при воздействии на судно или плавучее сооружение внешних или внутренних сил, опасных природных явлений и явлений, вызванных деятельностью человека.

Компонент активный – компонент, функционирование которого зависит от внешнего воздействия (возбуждение, механическое воздействие или подвод энергии).[1]

Компонент пассивный – компонент, который не имеет движущихся частей и испытывает воздействие от изменения давления, температуры и расхода рабочей среды.[2]

---

[1] Например, насосы, вентиляторы, предохранительные и невозвратные клапаны и т. п.

[2] Например, теплообменные аппараты, трубопроводы, сосуды, электрокабели и т. п.

Конструктивная защита от столкновений и посадки на мель – специальные конструкции судна или плавучего сооружения в районе реакторного отсека и хранилищ тепловыделяющих сборок, предназначенные для защиты ППУ, ее систем безопасности и хранилищ радиоактивных отходов и ядерного топлива от воздействия сил при столкновении с другим судном или при посадке на мель.

Контролируемая зона – комплекс помещений судна или плавучего сооружения, в которых при нормальных эксплуатационных условиях повышен уровень ионизирующих излучений и/или радиоактивных загрязнений, действуют специальные правила защиты от излучений и доступ в которые контролируется.

Максимальная проектная авария – авария, создающая наибольшую радиационную опасность для экипажа и окружающей среды. В общем случае это авария, связанная с разрывом трубопровода теплоносителя первого контура.

Монжюс – специальная закрытая емкость, предназначенная для сбора ЖРО при проведении регламентных работ и в аварийных состояниях (воздухоудаление, дренирование, отбор проб и др.).

Наблюдаемая зона – комплекс помещений судна или плавучего сооружения, в которых возможно появление радиоактивных загрязнений и рост уровней ионизирующих излучений при отклонениях от нормальных условий работы ППУ, в которых проводится непрерывный радиационный контроль.

Нормальное эксплуатационное состояние и условия обитаемости – условия, при которых судно или плавучее сооружение в целом, все его механизмы, системы и оборудование, обеспечивающие движение или функционирование по прямому назначению, управляемость, безопасное мореплавание, непотопляемость, судовые сигналы и связь, пути эвакуации и работу шлюпочных лебедок, а также минимальные условия обитаемости находятся в рабочем состоянии (т. е. способны выполнять все свои функции в предписанных эксплуатационных пределах и условиях, включая пуск, работу на мощности, выключение, техническое обслуживание, испытания и перегрузку ядерного топлива).

Однотипный отказ – отказ нескольких устройств или элементов в результате одного определенного события или причины.

Основная проектная авария – принятая к рассмотрению авария, которая определяет основные требования к проектированию судна или плавучего сооружения, ППУ и ее систем безопасности.

Ошибка оператора – единичное ошибочное воздействие или невоздействие (при необходимости воздействия) оператора на органы управления.

Первый контур ППУ – замкнутый герметичный контур «реактор – парогенератор», по которому циркулирует теплоноситель, отводящий

тепло от активной зоны ядерного реактора и передающий его в парогенераторах воде второго контура.

Персонал – часть экипажа, подвергающаяся воздействию ионизирующих излучений по роду своей работы.

Пост управления аварийным расхолаживанием (ПАР) – место или помещение судна или плавучего сооружения, оснащенное оборудованием и приборами, предназначенными для вывода ППУ из действия при выходе из строя ЦПУ.

Потенциальная ядерно-опасная работа – работа, при проведении которой может возникнуть предавариинная ситуация или ядерная (радиационная) авария.

Принцип единичного отказа – способность технической системы выполнять проектные функции в случае единичного отказа в ней.

Проектная авария – авария, рассмотренная и проанализированная в проекте ППУ и судна или плавучего сооружения, для которой предусмотрены средства и методы ее предупреждения и ограничения вредных последствий до действующих норм.

Рабочий орган СУЗ – устройство для изменения реактивности ядерного реактора, перемещаемое одним приводом СУЗ.

Радиационная безопасность – способность применяемого комплекса технических средств и организационных мероприятий обеспечивать защиту экипажа, пассажиров и окружающей среды от вредных радиационных излучений и радиоактивных загрязнений в установленных пределах.

Радиационно-технологический контроль – контроль за состоянием оборудования ППУ и защитных барьеров при всех классах состояний, основанный на регистрации ионизирующих излучений и осуществляемый специальными методами и приборами.

Радиоактивные отходы – не предназначенные для дальнейшего использования оборудование, изделия, материалы, вещества в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает уровни, установленные действующими нормами и правилами.

Радиоактивные отходы подразделяются на твердые (ТРО), жидкие (ЖРО) и газообразные. Градация радиоактивных отходов по степени их радиоактивности устанавливается действующими Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности.

Реакторная установка (РУ) – часть АЭУ, включающая в себя ядерный реактор и непосредственно связанные с ним технические системы и оборудование, необходимые для его нормальной работы, предотвращения аварийных ситуаций, управления ими и снижения последствий аварийных ситуаций.

Реакторный отсек – водонепроницаемый отсек судна или плавучего сооружения, ограниченный днищем, бортами, палубой переборок, но-

совой и кормовой переборками или коффердамами, в котором размещается реакторная установка.

Санпропускник – специальное помещение или комплекс помещений, предназначенных для контроля радиоактивных загрязнений людей, смены одежды и обуви, а также для санитарной обработки лиц, посещающих помещения контролируемой зоны.

Свободная зона – все помещения судна или плавучего сооружения, которые не входят в контролируемую или наблюдаемую зоны.

Система управления и защиты ядерного реактора (СУЗ) – совокупность средств технического, программного, информационного обеспечения, предназначенных для создания условий безопасного протекания цепной реакции на заданном уровне мощности и изменения ее при пуске, остановке, переходе ядерного реактора с режима на режим, для контроля интенсивности цепной реакции, для обеспечения быстрого прекращения реакции деления при наступлении аварийной ситуации и для воздействия на поля энерговыделений.

Системы безопасности – системы, предназначенные для обеспечения надежного вывода ядерного реактора из действия, отвода тепла от активной зоны и/или для ограничения последствий предвидимых эксплуатационных отклонений и аварий.

Твердые радиоактивные отходы (ТРО) – любые твердые изделия, материалы и вещества, загрязненные радиоактивными веществами в количествах, превышающих величины, установленные действующими нормами и правилами, и не подлежащие дальнейшей эксплуатации.

Центральный пост управления (ЦПУ) – помещение судна или плавучего сооружения, предназначенное для управления и контроля за работой АЭУ в нормальных условиях, в случае предвидимых эксплуатационных отклонений и аварийных условиях.

Ядерная авария – авария, связанная с повреждением тепловыделяющих элементов выше установленных пределов безопасной эксплуатации.

Ядерная безопасность атомного судна (плавучего сооружения) – способность судна (плавучего сооружения) и экипажа при нормальной эксплуатации и авариях обеспечить ограничение вредного радиационного воздействия на экипаж и окружающую среду до установленных пределов.

Ядерный реактор – устройство, предназначенное для организации и поддержания управляемой цепной реакции деления ядер атомов делящихся веществ.

## 4 ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АДУ – аварийные дыхательные устройства.

АЗ – аварийная защита.
АПС – аварийно-предупредительная сигнализация.
АС – атомное судно.
АЭУ – атомная энергетическая установка.
БО – большие обмотки.
ГВД – газ высокого давления.
ГК – главный конденсатор.
ДКВ – система дренажа контурных вод.
ЖРО – жидкие радиоактивные отходы.
ЗО – защитная оболочка.
ИК – ионизационная камера.
КЗ – контролируемая зона.
КГ – компенсирующая группа.
КО – компенсатор объема.
МВЗ – металловодная защита.
МПА – максимальная проектная авария.
МО – малые обмотки.
НТВС – новые тепловыделяющие сборки.
ОТВС – отработавшие тепловыделяющие сборки.
ПАР – пост управления аварийным расхолаживанием.
ПВС – пароводяная смесь.
ПГ – парогенератор.
ПК – питательный клапан.
ПН – питательный насос.
ПС – плавучее сооружение.
ППУ – паропроизводящая установка.
ПТУ – паротурбинная установка.
РАП – регистратор аварийных параметров.
РБ – радиационная безопасность.
РК – радиационный контроль.
РУ – реакторная установка.
СОЗО – система орошения защитной оболочки.
СУЗ – система управления и защиты ядерного реактора.
ТРО – твердые радиоактивные отходы.
ЦНПК – циркуляционный насос первого контура.
ЦПУ – центральный пост управления.
ЩППУ – щит электропитания атомной паропроизводящей установки.
ХТО – хранилище твердых отходов.
ЭГК – элементы герметичного контура.
ЭД – электродвигатель.
ЯР – ядерный реактор.

# ЧАСТЬ II. КЛАССИФИКАЦИЯ

## 1 СИМВОЛ КЛАССА АТОМНОГО СУДНА И ПЛАВУЧЕГО СООРУЖЕНИЯ

**1.1** Если судно или плавучее сооружение оборудовано АЭУ и удовлетворяет требованиям Правил РС и настоящих Правил, то к основному символу класса судна или плавучего сооружения, указанному в части I «Классификация» Правил РС, добавляется знак ⊠.

## 2 КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ АТОМНЫХ СУДОВ И ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

**2.1** Классификационные освидетельствования атомных судов и плавучих сооружений проводятся в соответствии с Правилами классификационных освидетельствований судов в эксплуатации Регистра и требованиями настоящей части.

**2.2** Дополнительный объем периодических освидетельствований атомных судов и плавучих сооружений приведен в табл. 2.2.

Освидетельствования после истечения пятнадцатилетнего цикла повторяются в соответствии с табл. 2.2, при этом объем освидетельствования устанавливается инспектором в зависимости от технического состояния и использованного срока эксплуатации судна (плавучего сооружения).

По просьбе судовладельца Регистр может устанавливать непрерывное освидетельствование атомного судна или плавучего сооружения. Цикл непрерывного освидетельствования должен охватывать период времени не больший, чем предписанный между соответствующими периодическими освидетельствованиями, с учетом отсрочек, допускаемых в Правилах классификационных освидетельствований судов в эксплуатации.

Очередные освидетельствования ППУ должны, как правило, совмещаться с перегрузкой активной зоны реактора или с иными работами, связанными со вскрытием первого контура, заменой, ремонтом или профилактикой оборудования. Во всяком случае, во время перегрузок активной зоны и до последующего ввода установки в действие должны быть проведены следующие освидетельствования и испытания:

**.1** освидетельствование двойного дна, конструкций и фундаментов в реакторном отсеке;

**.2** освидетельствование биологической защиты;

**.3** освидетельствование и испытание сосудов под давлением, трубопроводов и арматуры, относящихся к ППУ;

Таблица 2.2

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЙ АТОМНОГО СУДНА И ПЛАВУЧЕГО СООРУЖЕНИЯ

Условные обозначения:

О – осмотр с обеспечением, при необходимости, доступа и вскрытия и применения средств дистанционного осмотра и неразрушающего контроля;

С – наружный осмотр;

М – замеры износов, зазоров, сопротивления изоляции и т. п.;

Н – испытания давлением (гидравлические, пневматические);

Р – проверка в действии механизмов, оборудования и устройств, их наружный осмотр;

Е – проверка наличия действующих документов и/или клейм о поверке контрольных приборов компетентными органами.

| № п/п | Объект освидетельствования | Освидетельствование судна | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1-е ежегодное | 2-е ежегодное | 3-е ежегодное | 4-е ежегодное | 1-е очередное | 1-е ежегодное | 2-е ежегодное | 3-е ежегодное | 4-е ежегодное | 2-е очередное | 1-е ежегодное | 2-е ежегодное | 3-е ежегодное | 4-е ежегодное | 3-е очередное |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| **1** | **Корпус** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1.1** | Подводная часть корпуса[1] | **С** | **С** | **С** | **С** | **О** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОМ** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОМ** |
| **1.2** | Конструктивная защита от столкновения | **С** | **С** | **С** | **С** | **О** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОМ** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОМ** |
| **1.3** | Конструктивная защита от посадки на мель | **С** | **С** | **С** | **С** | **С** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОМ** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОМ** |

*Продолжение табл. 2.2*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1.4** | Опорные конструкции, площадки и фундаменты в реакторном отсеке. | | | | | **О** | | | | | **О** | | | | | **О** |
| **1.5** | Защитная оболочка (ЗО) | | | | | | | | | | | | | | | |
| **1.5.1** | Люковое закрытие, крышки, двери, окна, кабельные коробки, отсечная и предохранительная арматура ЗО | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** |
| **1.5.2** | Переборка ЗО, блоки защиты, облицовка | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** |
| **1.6** | Защитное ограждение | **С** | **С** | **С** | **С** | **СН[2]** | **С** | **С** | **С** | **С** | **СН[2]** | **С** | **С** | **С** | **С** | **СН[2]** |
| **2** | **Оборудование ППУ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **2.1** | Ядерные реакторы | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **О[3]НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **О[3]НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **О[3]НР** |
| **2.1.1** | Корпус и шпильки главного разъема | | | | | **О[3]** | | | | | **О[3]** | | | | | **О[3]** |
| **2.1.2** | крышки с деталями их крепления | | | | | **О[3,4]** | | | | | **О[3,4]** | | | | | **О[3,4]** |
| **2.1.3** | внутренние выемные и невыемные части | | | | | **О[4]Р** | | | | | **О[4]Р** | | | | | **О[4]Р** |
| **2.1.4** | предохранительные устройства | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.2** | Системы управления и защиты (исполнительные механизмы) | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОРМ** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОРМ** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОРМ** |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.3** | Активные зоны[4] | | | | | **СЕ** | | | | | **СЕ** | | | | | **СЕ** |
| **2.4** | Средства контроля параметров, контрольно-измерительные приборы и устройства | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** |
| **2.5** | Механизмы ППУ | | | | | | | | | | | | | | | |
| **2.5.1** | насосы циркуляции теплоносителя первого контура | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ | СРМ |
| **2.5.2** | насосы охлаждения оборудования и защиты пресной водой | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.3** | насосы аварийного охлаждения активной зоны | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.4** | насосы охлаждения оборудования забортной водой | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.5** | насосы и эжекторы системы дренажа, хранения и выдачи вод первого контура | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.6** | насосы и эжекторы осушения помещений ППУ | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.7** | насосы подпитки первого контура | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |

*Продолжение табл. 2.2*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.5.8** | насосы рабочей воды автоматики | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.9** | насосы системы отвода остаточных тепловыделений | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.10** | компрессоры газа воздуха для нужд ППУ | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.11** | вентиляторы контролируемой зоны | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **2.5.12** | насосы системы снижения давления в ЗО | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **2.5.13** | запасные части | | | | | **С** | | | | | **С** | | | | | **С** |
| **3** | **Сосуды и аппараты под давлением** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **3.1** | Парогенераторы [5,6] | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **3.1.1** | корпус | | | | | | | | | | **О**[6] | | | | | **О**[6] |
| **3.1.2** | трубные системы | | | | | **О** | | | | | **О** | | | | | **О** |
| **3.1.3** | опорные конструкции | | | | | | | | | | **О** | | | | | **О** |
| **3.1.4** | предохранительные устройства | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **3.1.5** | арматура | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОНР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОНР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОНР** |
| **3.2** | Компенсаторы давления[5] | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **3.3** | Фильтры первого контура с холодильниками[5] | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3.4** | Гидрокамеры[5] | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **3.4.1** | корпус | | | | | | | | | | **О**[8] | | | | | **О**[8] |
| **3.4.2** | внутренние конструкции | | | | | | | | | | **О**[8] | | | | | **О**[8] |
| **3.4.3** | опорные конструкции | | | | | | | | | | **О**[8] | | | | | **О**[8] |
| **3.5** | Теплообменные аппараты контура охлаждения оборудования пресной водой | | | | | **С** | | | | | **СН** | | | | | **СН** |
| **3.6** | Дренажные и сточные емкости | | | | | **С** | | | | | **СН** | | | | | **С** |
| **3.7** | Газо- и воздухохранители | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **3.8** | Пневмогидробаллоны | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **3.9** | Баки МВЗ | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **СР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **СР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **СР** |
| **4** | **Системы ППУ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **4.1** | Циркуляции теплоносителя первого контура | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **4.2** | Очистки теплоносителя первого контура | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **4.3** | Подпитки теплоносителя первого контура | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **4.4** | Отвода остаточных тепловыделений | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |

*Продолжение табл. 2.2*

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4.5** | Аварийного охлаждения активной зоны | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **4.6** | Воздухоудаления | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **4.7** | Дренажа вод первого контура[5] | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **4.8** | Компенсации объема первого контура[5] | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **4.9** | Второго контура (до второго запора) | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **НР** |
| **4.10** | Охлаждения оборудования и защиты пресной водой | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **4.11** | Охлаждения оборудования забортной водой | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **ОР** |
| **4.12** | Вентиляции и очистки воздуха | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **4.12.1** | арматура, установленная на защитной оболочке | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **СН** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **СН** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **4.13** | Сбора, хранения и выдачи ЖРО | | | | | **Р** | | | | | **Р** | | | | | **Р** |
| **4.14** | Осушения помещений ППУ | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **4.15** | Отвода гремучей смеси | | | | | **Р** | | | | | **Р** | | | | | **Р** |
| **4.16** | Рабочей воды автоматики и управления арматурой | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4.17** | Снижения давления в защитной оболочке | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** | **Р** |
| **5** | **Радиационная безопасность** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **5.1** | Биологическая защита[9] | **ОС** | **ОС** | **ОС** | **ОС** | **ОСМ** | **ОС** | **ОС** | **ОС** | **ОС** | **ОСМ** | **ОС** | **ОС** | **ОС** | **ОС** | **ОСМ** |
| **5.2** | Системы и средства радиационного контроля | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** | **РЕ** |
| **5.3** | Перегрузочное оборудование активных зон[10] | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОНР** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОНР** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОНР** |
| **5.4** | Хранилища ТВС | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОН** |
| **5.5** | Оборудование переработки ЖРО | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОНР** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОНР** | **С** | **С** | **С** | **С** | **ОНР** |

[1] Освидетельствования в районе реакторного отсека проводятся ежегодно.

[2] В случае разгерметизации защитной оболочки между очередными освидетельствованиями производится проверка ее герметичности. Испытания защитного ограждения (Н) могут не проводиться, если в ограждении поддерживается давление ниже атмосферного.

[3] Освидетельствование проводится в доступных местах без демонтажа после проведения регламентированных замеров.

[4] Освидетельствование проводится перед загрузкой.

[5] Гидравлические испытания проводятся совместно с реактором (см. 2.1 настоящей таблицы).

[6] Освидетельствование проводится при замене трубной системы.

[7] Гидравлические испытания проводятся совместно с системами, которые они обслуживают.

[8] Освидетельствование проводится при демонтаже насосов первого контура.

[9] Проверяется эффективность биологической защиты по системе радиационного контроля и переносными приборами.

[10] Освидетельствования проводятся перед использованием на реакторе.

**.4** освидетельствование реактора, в том числе его демонтируемых узлов (при выгруженной активной зоне), с использованием средств дистанционного осмотра и неразрушающего контроля;

**.5** освидетельствование и испытание системы первого контура;

**.6** освидетельствование механизмов и систем, обслуживающих ППУ;

**.7** комплексная функциональная проверка ППУ и систем безопасности;

**.8** испытание герметичности защитной оболочки;

**.9** функциональные проверки системы радиационного контроля;

**.10** комплексная проверка величин ходов и усилий перемещения компенсирующих групп (КГ);

**.11** освидетельствование комплекта ТВС перед загрузкой.

**2.3** Для определения состояния корпуса реактора должна быть предусмотрена система неразрушающего контроля напряженных узлов.

Для обеспечения освидетельствования также должны быть предусмотрены средства дистанционного осмотра.

**2.4** Во время освидетельствований и испытаний оборудования ППУ персонал, проводящий освидетельствование, должен быть надлежащим образом защищен от радиоактивного излучения, включая, при необходимости, дополнительную биологическую защиту и дезактивацию.

## 3 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**3.1** Рассмотрение проектной документации атомного судна и плавучего сооружения, являющихся объектами повышенной технической сложности, должно начинаться на стадии разработки технического задания. Материалы эскизного проекта должны быть предоставлены на рассмотрение в объеме, согласованном с Регистром.

**3.2 Технический проект атомного судна и плавучего сооружения в постройке.**

Для атомных судов и плавучих сооружений в дополнение к документации, перечисленной в части I «Классификация» Правил РС, на одобрение Регистру должна быть представлена следующая проектная техническая документация.

**3.2.1 Общая часть:**

**.1** Информация о безопасности судна (плавучего сооружения)[1] (см. приложение 1);

**.2** Руководство по эксплуатации АЭУ судна (плавучего сооружения)[2] (см. приложение 2);

---

[1] В дальнейшем – Информация о безопасности.

[2] Руководство по эксплуатации может быть представлено на более поздней стадии проектирования.

**.3** схема расположения контролируемой и наблюдаемой зон;

**.4** схема водо- и газонепроницаемости защитной оболочки и защитного ограждения.

**3.2.2 Корпус:**

**.1** конструктивная схема основных связей реакторного отсека;

**.2** конструктивная схема биологической защиты;

**.3** чертежи защитной оболочки;

**.4** схема конструктивной защиты от столкновения;

**.5** схема конструктивной защиты от посадки на мель;

**.6** описание средств и методов проверки герметичности защитной оболочки;

**.7** расчеты прочности крепления биологической защиты, бака МВЗ.

**3.2.3 Противопожарная защита.**

Схема конструктивной противопожарной защиты реакторного отсека (может быть включена в общую схему противопожарной защиты судна).

**3.2.4 ППУ.**

Состав документации технического проекта ППУ указан в разд. 3 части VIII «Атомные паропроизводящие установки».

**3.2.5 Радиационная безопасность:**

**.1** картограмма уровней излучения внутри судна и на его наружных поверхностях;

**.2** пояснительная записка к физическим расчетам биологической защиты;

**.3** система радиационного контроля судна или плавучего сооружения (описание, принципиальная схема, схема расположения на судне или плавучем сооружении, расчеты и чертежи системы и ее оборудования, технические условия на поставку);

**.4** описание способов дезактивации помещений и оборудования, подверженных радиоактивному загрязнению.

**3.2.6 Системы и трубопроводы:**

**.1** принципиальные схемы систем, обслуживающих ППУ;

**.2** расчеты по системам и трубопроводам.

**3.2.7 Электрическое оборудование.**

Принципиальная схема питания потребителей ППУ, систем автоматики ППУ и системы радиационного контроля.

**3.2.8 Оборудование автоматизации:**

**.1** перечень дистанционно управляемой арматуры с указанием типов арматуры, заводов-изготовителей и одобрения Регистром;

**.2** перечень алгоритмов управления ППУ и паротурбинных установок;

**.3** функциональные и принципиальные схемы автоматизации и дистанционного управления систем ППУ, систем безопасности и систем, обслуживающих ППУ (должны быть указаны все элементы, необходимые для работы

систем, а именно: датчики, преобразователи, манипуляторы, исполнительные элементы и т. п.);

**.4** функциональные и принципиальные схемы систем силового воздуха и силовой воды;

**.5** функциональные и принципиальные схемы организации управления из поста аварийного расхолаживания (ПАР).

**3.3 Рабочая документация для атомного судна или плавучего сооружения в постройке.**

В дополнение к документации, указанной в части I «Классификация» Правил РС, для атомных судов и плавучих сооружений должна быть представлена на одобрение Регистру следующая документация.

**3.3.1 Корпус:**

**.1** чертежи секций и узлов основных связей реакторного отсека;

**.2** чертежи защитной оболочки;

**.3** чертежи биологической защиты;

**.4** программа испытаний защитной оболочки.

**3.3.2 Трубопроводы.**

Перечень чертежей трубопроводов с размещением и узлами прохода трубопроводов через защитную оболочку и биологическую защиту, переборки, палубы и платформы устанавливается для каждого проекта по согласованию с Регистром.

**3.3.3 ППУ:**

**.1** чертежи расположения и крепления оборудования ППУ;

**.2** инструкции по эксплуатации ППУ;

**.3** программа испытаний при швартовных и ходовых испытаниях судна.

**3.3.4 Радиационная безопасность.**

Чертежи расположения и крепления оборудования системы радиационного контроля.

**3.3.5 Электрическое оборудование.**

Чертежи прокладки кабельных трасс в реакторном отсеке с узлами прохода через защитную оболочку и защитное ограждение.

**3.3.6 Оборудование автоматизации:**

**.1** чертежи расположения и крепления оборудования систем безопасности и систем, обслуживающих ППУ;

**.2** чертежи прокладки кабельных трасс и импульсных трубопроводов;

**.3** чертежи расположения датчиков, необходимых для работы систем ППУ, систем безопасности и систем, обслуживающих ППУ.

**3.4 Отчетная документация судна.**

**3.4.1** После постройки, испытаний и сдачи атомного судна (плавучего сооружения) в эксплуатацию в Филиал Регистра по атомным судам должна быть направлена отчетная документация судна в порядке, указанном в разд. 11 части II «Техническая документация» Правил технического наблю-

дения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов.

**3.4.2** Отчетная документация должна представляться в объеме, указанном в приложении к настоящему разделу.

**3.4.3** Отчетная документация, находящаяся на борту, должна быть откорректирована на момент предъявления судна к освидетельствованию Регистром.

# ОТЧЕТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ АТОМНОГО СУДНА (ПЛАВУЧЕГО СООРУЖЕНИЯ)

Для атомных судов (плавучих сооружений) в дополнение к документации, указанной в приложении к части II «Техническая документация» Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов, Регистру представляется следующая отчетная документация.

**1 Общая часть:**

**.1** Информация о безопасности;

**.2** инструкция по проведению испытаний ЗО в период эксплуатации;

**.3** схема водо- и газонепроницаемости ЗО и защитного ограждения;

**.4** расположение оборудования в помещениях энергетического отсека атомного судна;

**.5** схема расположения контролируемой и наблюдаемой зон;

**2 Корпус:**

**.1** конструктивная схема основных связей реакторного отсека;

**.2** конструктивная схема биологической защиты;

**.3** чертежи защитной оболочки;

**.4** схема конструктивной защиты реакторного отсека;

**3 Судовые устройства:**

**.1** чертеж люкового закрытия аппаратного помещения;

**.2** чертеж транспортировки грузов в ХТО;

**4 Противопожарная защита:**

**.1** схема конструктивной противопожарной защиты реакторного отсека;

**5 Атомная паропроизводящая установка (ППУ):**

**.1** общее расположение оборудования атомной ППУ в защитной оболочке;

**.2** спецификация атомной ППУ;

**.3** схема первого и второго контуров;

**6 Системы:**

**.1** схемы специальных систем:

**.1.1** третьего контура;

**.1.2** воздухоудаления из первого контура;

**.1.3** промывки и хранения ПГ;

**.1.4** обнаружения неплотностей ПГ;

**.1.5** аварийного расхолаживания;

**.1.6** разводки и расхолаживания атомной ППУ;

**.1.7** конденсатно-питательной;

**.1.8** ввода жидкого поглотителя;

**.1.9** аварийной проливки;

**.1.10** ДКВ;

**.1.11** специального осушения;

**.1.12** аварийной проливки;

**.1.13** СОЗО;

**.1.14** ГВД;

**.1.15** четвертого контура;

**.1.16** выгрузки сорбентов;

**.1.17** дезактивации;

**.1.18** вентиляции КЗ;

**.1.19** воздуха пневмокостюмов;

**.2** инструкция по управлению атомной ППУ;

**.3** перечень регламентных проверок систем и оборудования, обеспечивающих ядерную безопасность;

**7 Электрическое оборудование:**

**.1** схема питания и управления ЦНПК;

**.2** электроприводы вспомогательных механизмов атомной ППУ;

**.3** перечень функциональных проверок системы энергоснабжения схем питания атомной ППУ;

**.4** принципиальная схема питания механизмов атомной ППУ от основных и аварийных источников;

**.5** чертежи прокладки кабельных трасс в реакторном отсеке;

**.6** схема основного и аварийного освещения помещений атомной ППУ;

**8 Автоматизация:**

**.1** регистратор аварийных параметров (схема электрических соединений);

**.2** принципиальная схема системы контроля и управления атомной ППУ;

**.3** перечень алгоритмов атомной ППУ и ПТУ;

**.4** перечень контролируемых параметров атомной ППУ;

**.5** спецификация приборов местного контроля атомной ППУ;

**.6** принципиальная схема РК.

# ЧАСТЬ III. ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ

## 1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

**1.1** Главной целью настоящих требований является общая безопасность атомного судна или плавучего сооружения, неотъемлемой частью которой является безопасность АЭУ. Для безопасности атомного судна или плавучего сооружения может оказаться необходимой работа АЭУ, хотя с точки зрения безопасности только АЭУ ее работу следовало бы прекратить или снизить мощность.

## 2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**2.1** Для безопасности атомного судна или плавучего сооружения, защиты экипажа, населения и окружающей среды от радиоактивных веществ должны соблюдаться следующие основные принципы.

**2.1.1** Вокруг источников радиоактивности должно предусматриваться несколько последовательных барьеров для ограничения распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ в окружающую среду.

**2.1.2** Наряду с основными системами нормальной эксплуатации должны быть предусмотрены специальные системы безопасности, включающиеся автоматически с началом аварийной ситуации.

**2.2** Защита от воздействия ионизирующих излучений должна обеспечиваться следующими средствами:

**.1** установкой надлежащей биологической защиты;

**.2** выделением на судне или плавучем сооружении радиационных зон;

**.3** ограничением времени облучения;

**.4** предотвращением приближения людей к источникам излучения без надобности;

**.5** действиями персонала в аварийных ситуациях в соответствии с Руководством по эксплуатации судна (плавучего сооружения);

**.6** средствами индивидуальной защиты.

**2.3** Системы управления и защиты ППУ, системы безопасности и другие комплексы технических средств, особо оговоренные в настоящих Правилах, должны удовлетворять принципу единичного отказа (см. разд. 7).

**2.4** Для подтверждения соответствия безопасности атомного судна или плавучего сооружения требованиям настоящих Правил в проекте должны быть проанализированы с учетом назначения судна (плавучего сооружения) все предусмотренные эксплуатационные и аварийные состояния с оценкой предполагаемой частоты их появления и последствий.

Эта оценка является основой для принятия проектных решений по обеспечению безопасности, исходя из того, что при меньшей частоте могут быть допущены более серьезные последствия.

**2.5** Атомное судно (плавучее сооружение) должно проектироваться, строиться и эксплуатироваться в соответствии с программой обеспечения качества, подлежащей одобрению Регистром в составе Информации о безопасности. Уровень требований к качеству конструкций, систем и оборудования должен соответствовать их классификации по важности для безопасности судна.

**2.6** При нормальной эксплуатации атомного судна или плавучего сооружения и их ППУ все защитные барьеры от распространения радиоактивных веществ должны находиться в работоспособном состоянии. При нарушении проектных пределов безопасности любого из предусмотренных в проекте атомного судна или плавучего сооружения защитных барьеров или средств их защиты согласно условиям безопасной эксплуатации работа ППУ на мощности запрещается.

## 3 КЛАССЫ СОСТОЯНИЙ

**3.1** Подразделение состояний судна (плавучего сооружения) и его АЭУ в зависимости от частоты их появления и последствий на четыре класса состояний (КС1, КС2, КС3 и КС4) должно выполняться по табл. 3.1.

Таблица 3.1

| Класс состояния | Состояние судна и ППУ | Вероятная частота | Последствия |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| КС1 | Нормальная эксплуатация | Непрерывно или часто | Судно или плавучее сооружение и их ППУ находятся в нормальном эксплуатационном состоянии. Радиационная обстановка на борту в пределах нормы. |
| КС2 | Небольшие неисправности | Не часто | Неисправности, не приводящие к существенному нарушению эксплуатации судна (плавучего сооружения). Может потребоваться кратковременная остановка реактора. Возможны незначительные отклонения радиационной обстановки от нормальной, не вызывающие увеличения облучения людей на борту судна (плавучего сооружения) сверх установленных норм. |
| КС3 | Крупные повреждения | Редко | Повреждения судовых конструкций или оборудования АЭУ, приводящие к частичной непригодности судна (плавучего сооружения). Может потребоваться длительный вывод ППУ из действия и отсечение защитной оболочки. Возможны откло- |

*Продолжение табл. 3.1*

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | | | нения радиационной обстановки на судне (плавучем сооружении) от нормальной. Облучение людей на борту судна (плавучего сооружения) не превышают норм, установленных для персонала. |
| КС4 | Тяжелые аварии | Очень редко | Тяжелые повреждения, при которых может потребоваться введение системы аварийного охлаждения или выполнение функций защитной оболочки, но которые не приводят к неприемлемым выбросам радиоактивных веществ в окружающую среду. Радиационная обстановка на судне (плавучем сооружении) характеризуется значительными отклонениями от нормальной. Облучение отдельных людей на борту судна (плавучего сооружения) не превышает удвоенной предельно допустимой дозы, установленной действующими Нормами радиационной безопасности для персонала. |
| Примечания: «Непрерывно или часто» означает, что событие происходит непрерывно или может часто происходить в течение срока службы данного судна (плавучего сооружения).<br>«Не часто» означает, что событие может происходить несколько раз в течение срока службы данного судна (плавучего сооружения).<br>«Редко» означает, что событие не должно произойти в течение срока службы одного судна (плавучего сооружения), но может случиться на отдельных однотипных судах (плавучих сооружениях) в течение срока их службы.<br>«Очень редко» означает, что событие не должно, но тем не менее может произойти в течение общего срока службы определенного числа однотипных атомных судов или плавучих сооружений. | | | |

Отнесение каждого возможного события к определенному классу должно быть обосновано, одобрено Регистром и указано в Информации о безопасности. Результаты оценки частоты и последствий возможных аварий должны найти отражение в проекте судна (плавучего сооружения) и его АЭУ.

**3.2** Должны быть оценены последствия чрезвычайно редких событий, сопровождающихся полной утратой работоспособности всех судовых источников энергии (опрокидывание, затопление, посадка на мель с креном более 30° и др.). Последствия таких событий настоящими Правилами не регламентируются.

В проекте должны быть также оценены последствия запроектной аварии.

**3.3** Деление состояний ППУ на классы приведено в части VIII «Атомные паропроизводящие установки».

## 4 КЛАССЫ БЕЗОПАСНОСТИ

**4.1** Системы и оборудование атомного судна и плавучего сооружения и АЭУ подразделяются в зависимости от их важности для безопасности судна и плавучего сооружения на четыре класса безопасности, соответственно которым устанавливаются проектные требования, требования к материалам, изготовлению, испытаниям и эксплуатации.

**4.2** Разделение систем и оборудования по классам безопасности должно быть обосновано в проекте соответственно влиянию отказа систем и оборудования на безопасность судна, одобрено Регистром и включено в Информацию о безопасности.

**4.3** Деление оборудования ППУ на классы безопасности приведено в части VIII «Атомные паропроизводящие установки».

## 5 ДЕЛЕНИЕ СУДНА (ПЛАВУЧЕГО СООРУЖЕНИЯ) НА ЗОНЫ РЕЖИМОВ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**5.1** В зависимости от имеющейся или потенциальной радиационной опасности атомное судно (плавучее сооружение) должно быть разделено на контролируемую, наблюдаемую и свободную зоны. Границы зон могут устанавливаться как конструктивными, так и административными мероприятиями.

## 6 ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ КРИТЕРИИ И ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

**6.1** Для обеспечения безопасности при всех классах состояний атомное судно (плавучее сооружение) должно удовлетворять следующим основным критериям:

**.1** критерий А – должны быть предусмотрены средства для надлежащего экранирования источников ионизирующих излучений и сведения к минимуму возможности распространения радиоактивных веществ, чтобы облучение людей на борту судна (плавучего сооружения), облучение населения и загрязнение окружающей среды были настолько низкими, насколько это разумно достижимо;

**.2** критерий Б – должны быть предусмотрены средства надежного отвода остаточных тепловыделений от активной зоны реактора;

**.3** критерий В – должны быть предусмотрены средства для безопасного управления и перевода реактора в подкритическое состояние и поддержания его в этом состоянии в течение необходимого времени.

**6.2** Удовлетворение основным критериям, указанным в 6.1, должно обеспечиваться выполнением следующих функций безопасности:

**.1** критерий А:

**.1.1** поддержание приемлемой целости оболочек топлива в активной зоне реактора как первого барьера между ядерным топливом и окружающей средой;

**.1.2** поддержание целости прочного первого контура как второго барьера;

**.1.3** предотвращение непреднамеренного выброса и ограничение утечки радиоактивных веществ из защитной оболочки как третьего барьера;

**.1.4** дополнительное ограничение утечки радиоактивных веществ из защитного ограждения как четвертого барьера;

**.2** критерий Б:

**.2.1** отвод остаточных тепловыделений от активной зоны реактора к холодной среде;

**.2.2** достаточный подвод теплоносителя к активной зоне реактора (аварийное охлаждение активной зоны);

**.2.3** обеспечение энергией технических средств, выполняющих функции безопасности, указанные в 6.2.2.1 и 6.2.2.2;

**.3** критерий В:

**.3.1** надлежащее управление реактивностью;

**.3.2** перевод реактора в подкритическое состояние без превышения установленных проектных ограничений для активной зоны;

**.3.3** обеспечение энергией технических средств, выполняющих функции безопасности, указанные в 6.2.3.1 и 6.2.3.2.

**6.3** Для выполнения указанных в 6.2 функций безопасности при классах состояний КС2, КС3 и КС4 в дополнение к системам обеспечения эксплуатации должны быть предусмотрены специальные системы безопасности, необходимость которых устанавливается в результате анализа возможных аварийных ситуаций и их последствий.

## 7 ПРИНЦИП ЕДИНИЧНОГО ОТКАЗА

**7.1** При проектировании должно быть предусмотрено обеспечение выполнения каждой системой безопасности своих функций при любом первоначальном событии, относящемся к классам состояний КС2, КС3 и КС4, несмотря на предполагаемый единичный отказ любого элемента системы.

**7.2** При анализе системы безопасности на удовлетворение принципа единичного отказа последовательно предполагается единичный отказ каждого элемента системы, при этом:

**.1** анализ должен выполняться в предположении комбинации первоначального события (совместно с любыми другими отказами, являющимися прямым следствием первоначального события) и случайного отказа любого одного элемента системы безопасности.

Не требуется рассматривать возникновение одновременно двух независимых отказов и более;

**.2** ошибка оператора должна рассматриваться как разновидность единичного отказа либо как первоначальное событие.

При недостаточных обоснованиях могут не рассматриваться отказы пассивных компонентов (таких, как трубопроводы, сосуды, теплообменные аппараты, электрокабели), спроектированных, изготовленных и испытанных на высоком техническом уровне.

**7.3** Удовлетворение принципу единичного отказа должно обеспечиваться высокой надежностью оборудования и систем и методами резервирования (поэлементного или созданием подсистем), дополняемых, при необходимости, следующими мерами:

**.1** разделением элементов или подсистем переборками или расстоянием;

**.2** обеспечением независимого функционирования подсистем;

**.3** выполнением элементов или подсистем различными по принципу работы, конструкции и т. п.

**7.4** Принцип единичного отказа применяется к системе безопасности в целом, понимаемой как весь комплекс технических средств, предназначенных для выполнения функции безопасности, а не к частям этой системы, даже если эти части (подсистемы) способны выполнять функцию системы.

**7.5** Выполнение принципа единичного отказа не требуется при состояниях более редких, чем КС4, которые сопровождаются полной утратой работоспособности судовых источников энергии (опрокидывание, затопление и др.).

## 8 ВНЕШНИЕ УСЛОВИЯ

**8.1** При проектировании атомного судна и плавучего сооружения и их АЭУ должно быть рассмотрено их состояние при экстремальных условиях окружающей среды в предполагаемом районе эксплуатации (например, ураганы, цунами, лед), а для плавучих сооружений, кроме того, и в условиях сейсмичности.

**8.2** Силы инерции, действующие на судно (плавучее сооружение) на морском волнении, должны быть приняты с учетом класса безопасности оборудования. В расчетах сил инерции должна быть рассмотрена качка судна (плавучего сооружения) с шестью степенями свободы при спектре волнения в районе их плавания или стоянки. В общем случае может быть использован спектр волнения, основанный на статистических данных для Северной Атлантики.

**8.3** Элементы и конструкции классов безопасности 1–4[1] должны быть способны выдерживать инерционные силы принятого спектра волнения в течение времени, указанного в табл. 8.3.

---

[1] Классы безопасности ППУ – см. разд. 5 части VIII «Атомные паропроизводящие установки».

Таблица 8.3

| Класс безопасности элементов и конструкций | Время, дни |
|---|---|
| 1 | 15000 |
| 2 и 3 | 1500 |
| 4, | 150 |
| а также корпус и механизмы, не подпадающие под международные нормы и правила | |

**8.4** Для судов и плавучих сооружений с ограниченным районом плавания Регистр может рассмотреть другие проектные требования.

# ЧАСТЬ IV. КОРПУС

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1** Корпус атомного судна и плавучего сооружения должен в полной мере отвечать всем требованиям части II «Корпус» Правил РС и требованиям настоящей части.

## 2 ОБЪЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

**2.1** В дополнение к части II «Корпус» Правил РС техническому наблюдению Регистра при изготовлении подлежат следующие конструкции атомных судов и плавучих сооружений:

**.1** защита от столкновения и посадки на мель;

**.2** защитная оболочка;

**.3** защитное ограждение;

**.4** баки металловодной защиты.

## 3 МАТЕРИАЛЫ

**3.1** Материалы, применяемые для элементов конструктивной защиты и защитной оболочки, должны быть категории D для толщин до 12,5 мм и категории E для толщин свыше 12,5 мм. Категории стали указаны в части XIII «Материалы» Правил РС.

## 4 ОБЩАЯ ПРОЧНОСТЬ

**4.1** Регистру должны быть представлены расчеты, подтверждающие, что продольная прочность судна (плавучего сооружения) достаточна при разрушении продольных связей в результате расчетного столкновения с другим судном.

**4.2** Должна быть дана оценка продольной прочности судна (плавучего сооружения) при посадке на мель.

**4.3** Должна быть дана оценка общей прочности судна (плавучего сооружения) при действии изгибающего момента в плоскости ватерлинии при расчетном столкновении с другим судном.

**4.4** Корпус должен быть спроектирован таким образом, чтобы избежать, насколько возможно, резкого изменения момента сопротивления поперечного сечения в районе конструктивной защиты (см. 5.1).

Переход от района конструктивной защиты (см. 5.1) к остальной части корпуса должен быть плавным и обеспечивать непрерывность связей, учас-

твующих в общей продольной прочности судна (плавучего сооружения). Конструкция переходного района должна быть спроектирована так, чтобы усилия, которые возникают в районе реакторного отсека и конструктивной защиты, передавались на остальную часть конструкции корпуса судна (плавучего сооружения).

## 5 МЕСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ КОРПУСА В РАЙОНЕ РЕАКТОРНОГО ОТСЕКА

**5.1** В районе реакторного отсека должна быть предусмотрена конструктивная защита для поглощения энергии, возникающей при столкновении с другим судном или при посадке на мель, с тем, чтобы не было повреждено защитное ограждение.

Если на судне или плавучем сооружении имеется вертолет или вертолетная площадка, то должна быть предусмотрена конструктивная защита от падения вертолета в районе реакторного отсека и хранилищ активных зон и тепловыделяющих сборок.

**5.2** Расчетные условия столкновения и методика расчета конструктивной бортовой защиты должны быть одобрены Регистром.

При необходимости Регистр может потребовать проведения экспериментальной проверки результатов расчета моделированием.

**5.3** Протяженность конструктивной защиты в нос и в корму от поперечных переборок реакторного отсека и отсека для хранения отработавшего ядерного топлива должна быть обоснована проектантом с учетом требований 4.4 настоящей части и составлять не менее 0,2 длины отсека.

**5.4** Двойное дно и конструкция фундаментов в реакторном отсеке должны обеспечивать защиту реактора, систем его безопасности и хранилищ активных зон от повреждения при посадке на мель.

Расстояние от днища судна (плавучего сооружения) до нижней части защитного ограждения должно быть $B/15$ или 2 м (смотря по тому, что меньше).

**5.5** Высота двойного дна в районе машинного отделения должна быть достаточной, чтобы выдержать повреждение с размерами, указанными в 2.1 части V «Деление на отсеки».

## 6 ЗАЩИТНАЯ ОБОЛОЧКА

**6.1** Защитная оболочка должна быть спроектирована так, чтобы ограничить распространение радиоактивных веществ в окружающую среду при любых состояниях установки (КС1 – КС4). О нормах допустимой утечки – см. 6.9.

**6.2** Защитная оболочка может быть выполнена как прочноплотная конструкция корпуса судна (плавучего сооружения) или как самостоятельная прочноплотная оболочка, не являющаяся составной частью корпуса.

Если на судне (плавучем сооружении) несколько ППУ, то каждая из них должна быть заключена в самостоятельную защитную оболочку.

**6.3** Конструкция и технология изготовления защитной оболочки должна отвечать требованиям, предъявляемым к конструкциям класса безопасности 2 (см. разд. 5 части VIII «Атомные паропроизводящие установки»).

**6.4** Защитная оболочка должна быть рассчитана на внутреннее давление, обусловленное аварийным выбросом теплоносителя при разрыве первого контура (см. 7.9 части VIII «Атомные паропроизводящие установки»).

Не допускается установка предохранительных клапанов на защитной оболочке для сброса в атмосферу паровоздушной смеси при КС4.

Если имеется одобренная Регистром система снижения давления при аварийном выбросе, в качестве расчетного принимается максимальное давление, которое может возникнуть в защитной оболочке с учетом действия такой системы.

**6.5** Конструкция защитной оболочки должна выдерживать расчетное давление, указанное в 6.4, с учетом сил инерции на волнении.

Должны быть также учтены температурные напряжения, возникающие в конструкции при аварии.

**6.6** Защитная оболочка не должна выходить из строя при сжатии от внешнего давления при затоплении судна и плавучего сооружения (см. 3.5 части VII «Механические установки»).

**6.7** Все закрытия, двери, запорная арматура (отсечные клапаны), устройства уплотнения проходов кабелей и другие элементы, входящие в герметичный контур защитной оболочки, должны быть спроектированы, изготовлены и испытаны на стендах (до монтажа на защитной оболочке) под техническим наблюдением Регистра и по одобренным им методикам.

Нормы герметичности для элементов герметичного контура должны быть рассчитаны по методике приложения 3 и внесены в проектную документацию. Эти нормы должны указываться в технических условиях на поставку.

**6.8** После окончания формирования защитная оболочка совместно с закрытиями должна быть испытана на прочность гидравлическим давлением, равным 1,1 расчетного (см. 6.4). Давление испытаний $P_{исп}$ должно быть определено по формуле

$$P_{исп} = (1{,}1\ \sigma_T / \sigma_t)\ P_{расч}, \qquad (6.8)$$

где $\sigma_T$ – предел текучести материала конструкции защитной оболочки при температуре испытаний;

$\sigma_t$ – предел текучести материала конструкции защитной оболочки при проектной температуре (максимальной температуре при МПА);

$P_{расч}$ – давление в защитной оболочке при МПА.

**6.9** Если гидростатическое давление при испытании защитной оболочки водой превышает испытательное и создает риск повреждения конструкции, оборудования или их фундаментов, гидравлические испытания могут быть заменены испытанием на прочность воздухом. Испытания защитной оболочки на прочность давлением воздуха должны проводиться после окончания всех монтажных работ по герметичному контуру оболочки. Испытательное давление $P_{исп}$ должно определяться по формуле (6.8).

**6.10** Защитная оболочка должна быть испытана на герметичность давлением воздуха, равным расчетному. Если испытания защитной оболочки на прочность проводились воздухом, испытания на герметичность могут совмещаться с испытаниями на прочность при условии доведения давления $P_{исп}$ до $P_{расч}$.

Методика испытаний и расчета относительной скорости утечки, а также Свидетельство о метрологической аттестации методики выполнения измерений должны быть одобрены Регистром.

Если испытания защитной оболочки на прочность проводились гидравлическим давлением, испытательное давление воздуха в оболочке при испытаниях на герметичность может быть снижено при условии, что в этом случае будет проведено не менее трех измерений относительной скорости утечки воздуха при испытательных давлениях в оболочке 0,07 МПа, 0,05 МПа и 0,03 МПа. Методика испытаний, Свидетельство о метрологической аттестации методики выполнения измерений и методика экстраполяции результатов испытаний на пониженных давлениях до расчетного должны быть одобрены Регистром. Допускаемая величина относительной скорости утечки при расчетном давлении испытаний должна быть обоснована проектантом из условий радиационной безопасности с учетом действующих Норм радиационной безопасности для персонала и населения. При этом следует руководствоваться положением, что уменьшение допускаемой величины относительной скорости утечки до величины 1 %/сут и менее по сравнению с расчетной максимально допускаемой снижает потенциальную радиационную опасность персонала и населения при МПА и поэтому должна устанавливаться из возможности ее достижения и измерения.

**6.11** После загрузки активной зоны в реактор и окончания всех монтажных работ внутри и снаружи защитной оболочки должны быть проведены контрольные испытания оболочки на герметичность избыточным давлением воздуха 0,05 МПа.

**6.12** При испытании защитной оболочки на герметичность должны регистрироваться параметры сжатого воздуха в оболочке (давление, температура) с частотой не реже одного раза в течение 1 ч до выполнения критерия достоверности результата при $a \geq 0{,}95$, рассчитываемого с учетом выполнения неравенств

$$\begin{cases} L_{\text{И}} + \xi_L \le L_{\text{д}} \\ \xi_L \le 0{,}3\, L_{\text{д}} \end{cases}, \qquad (6.12)$$

где $L_{\text{и}}$ – расчетное значение относительной скорости утечки по результатам прямых измерений параметров $P$, $T$, ї, получаемое в результате испытаний, %/сут;

$\xi_L$ – расчетная погрешность измерения относительной скорости утечки, %/сут;

$L_{\text{д}}$ – допускаемая относительная скорость утечки, определенная в проекте атомного судна или плавучего сооружения, %/сут;

$a$ – доверительная вероятность.

**6.13** Должна быть предусмотрена возможность проведения испытаний защитной оболочки на герметичность в процессе эксплуатации судна или плавучего сооружения (при периодических освидетельствованиях и после перегрузки активной зоны реактора). Испытательное давление при этом должно составлять величину 0,05 МПа, а допускаемая относительная скорость утечки должна соответствовать измеренной относительной скорости утечки воздуха для начального давления испытаний 0,05 МПа.

Критерием оценки результатов испытаний должно служить условие выполнения неравенства

$$L_{\text{д}}^{\text{экс}} \le 1{,}15\,(L_{\text{И}} + \xi_L), \qquad (6.13)$$

где $L_{\text{д}}^{\text{экс}}$ – допускаемая относительная скорость утечки при избыточном давлении 0,05 МПа, контролируемая в процессе эксплуатации судна, %/сут;

$L_{\text{И}}$ – измеренное значение относительной скорости утечки при избыточном давлении 0,05 МПа, полученное при строительстве судна, %/сут;

$\xi_L$ – расчетная погрешность измерений при избыточном давлении 0,05 МПа, полученная при строительстве судна, %/сут;

1,15 – коэффициент, учитывающий срок эксплуатации судна.

Измеренное значение относительной скорости утечки для начального избыточного давления испытаний 0,05 МПа должно удовлетворять неравенствам (6.12).

## 7 ЗАЩИТНОЕ ОГРАЖДЕНИЕ

**7.1** Защитное ограждение окружает защитную оболочку и имеющие существенное значение источники радиоактивности, связанные с ППУ. Совмещение границ защитной оболочки и защитного ограждения не допускается.

**7.2** Все переборки, палубы и другие конструкции, образующие защитное ограждение, должны быть стальными водонепроницаемыми в соответствии с требованиями Правил РС для подобных конструкций.

**7.3** В качестве носовой и кормовой поперечных переборок защитного ограждения могут быть использованы переборки, отделяющие реакторный отсек от других отсеков судна (плавучего сооружения).

**7.4** Продольные переборки, образующие боковые стенки защитного ограждения, должны находиться на расстоянии, равном $B/5$ или 11,5 м (смотря по тому, что меньше) от борта, за исключением случаев, когда конструктивная защита от столкновения исключает проникновение на такую глубину.

Регистру должны быть представлены обоснования, что повреждение не будет превышено при принятых проектом столкновениях.

**7.5** Защитное ограждение должно быть испытано на водонепроницаемость в соответствии со схемой испытания корпуса на водонепроницаемость.

**7.6** После окончания всех монтажных работ защитное ограждение должно быть испытано на герметичность. Порядок и нормы испытаний должны соответствовать обычным требованиям к судовым помещениям.

**7.7** В период эксплуатации судна (плавучего сооружения) испытания помещений защитного ограждения на герметичность могут не проводиться, если в этих помещениях поддерживается предусмотренное проектом давление ниже атмосферного.

**7.8** Конструкции защитного ограждения должны обеспечивать возможность их дезактивации.

## 8 ФУНДАМЕНТЫ РЕАКТОРА. КРЕПЛЕНИЕ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

**8.1** Фундаменты реактора и крепление защитной оболочки должны обеспечивать надежную опору при внешних условиях, определенных в разд. 8 части III «Принципы безопасности».

Фундаменты должны быть в состоянии удержать реактор и системы первого контура, а также защитную оболочку на месте при любых наклонениях судна или плавучего сооружения вплоть до опрокидывания.

**8.2** Фундаменты должны выдерживать возникающие термические напряжения.

**8.3** Конструкции фундаментов должны быть по возможности доступны для осмотра.

**8.4** Крепление биологической защиты должно быть спроектировано с учетом действующих на нее сил инерции, как это установлено для оборудования классов безопасности 2 и 3, и с учетом деформации корпуса судна и действия избыточного давления в защитной оболочке (см. 6.4).

**8.5** Конструкция фундаментов должна при необходимости обеспечивать возможность дезактивации.

## 9 СВАРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И СОЕДИНЕНИЯ

**9.1** При выборе расчетной толщины угловых швов конструкций защиты от столкновения и посадки на мель в соответствии с требованиями части II «Корпус» Правил РС коэффициент прочности сварных швов принимается равным 0,45.

Элементы конструкций защиты, соединяющиеся с наружной обшивкой, должны иметь полный провар.

**9.2** Все сварные соединения конструкций защитной оболочки в период постройки должны подвергаться неразрушающему контролю.

**9.3** 20 % сварных соединений корпусных конструкций в районе реакторного отсека и конструктивной защиты в период постройки должны подвергаться неразрушающему контролю.

**9.4** В контролируемой зоне применение прерывистых сварных швов не допускается.

# ЧАСТЬ V. ДЕЛЕНИЕ НА ОТСЕКИ

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1** Деление на отсеки атомных судов и плавучих сооружений должно в полной мере отвечать всем требованиям части V «Деление на отсеки» Правил РС и требованиям настоящей части.

**1.2** Атомное судно или плавучее сооружение должно оставаться на плаву и иметь достаточную остойчивость при получении повреждения, указанного в 2.1, в любых условиях эксплуатационной загрузки судна (плавучего сооружения).

В расчетах аварийной посадки и остойчивости должно учитываться, что такое повреждение может располагаться в любом месте по длине судна (плавучего сооружения).

Непотопляемость атомного судна (плавучего сооружения) должна обеспечиваться, по крайней мере, при затоплении любых двух смежных отсеков.

**1.3** При вероятностной оценке деления на отсеки в соответствии с частью V «Деление на отсеки» Правил РС индекс $R$ определяется Регистром особо. Формулы для вычисления $S_c$ и $S_m$ выбираются по согласованию с Регистром с учетом конструктивных особенностей и предполагаемого характера эксплуатации судна (плавучего сооружения).

## 2 ОСТОЙЧИВОСТЬ ПОВРЕЖДЕННОГО СУДНА ИЛИ ПЛАВУЧЕГО СООРУЖЕНИЯ

**2.1 Размеры повреждения.**

**2.1.1** В расчетах аварийной остойчивости должны быть приняты следующие размеры повреждений:

**.1** повреждения борта:

продольный размер – $1/3L_{л}^{2/3}$ (где $L_{л}^{2/3}$ – длина судна, см. часть V «Деление на отсеки» Правил РС) или 14,5 м, смотря по тому, что меньше;

поперечный размер – $B/5$ или 11,5 м (смотря по тому, что меньше) от внутренней поверхности наружной обшивки под прямым углом к диаметральной плоскости на уровне летней грузовой марки;

вертикальный размер – от основной линии вверх без ограничений;

**.2** повреждения днища:

| Размеры | На 0,3$L$ от носового перпендикуляра | На остальной части судна |
|---|---|---|
| Продольный | $1/3L_{л}^{2/3}$ или 14,5 м* | $1/3L_{л}^{2/3}$ или 5 м* |
| Поперечный | $B/6$ или 10 м* | $B/6$ или 5 м* |
| Вертикальный | $B/15$ или 2 м* | $B/15$ или 2 м* |
| * В зависимости от того, что меньше. | | |

**2.1.2** С учетом конструктивной защиты от столкновения и посадки на мель в районе реакторного отсека (см. разд. 5 части IV «Корпус») Регистр может принять для этого района меньшие размеры повреждения, чем указано в 2.1.1.

**2.2 Коэффициенты проницаемости.**

**2.2.1** При расчетах аварийной остойчивости применяются коэффициенты проницаемости, приведенные в части V «Деление на отсеки» Правил РС.

Коэффициент проницаемости для грузовых трюмов принимается равным 0,8.

**2.2.2** Коэффициенты проницаемости помещений ППУ должны определяться с учетом фактического заполнения этих помещений.

**2.3 Требования к элементам остойчивости поврежденного судна или плавучего сооружения.**

**2.3.1** Угол крена в конечной стадии несимметричного затопления до принятия мер по спрямлению судна (до срабатывания перетоков) не должен превышать 15°. Этот угол максимально может быть увеличен до 17° при условии, что палуба переборок при этом не входит в воду.

**2.3.2** Остойчивость в конечной стадии затопления считается достаточной, если протяженность положительной части диаграммы статической остойчивости составляет не менее 20° при максимальном плече статической остойчивости не менее 0,2 м в указанных пределах. Площадь кривой статической остойчивости в этих же пределах должна быть не менее 3,5 см × рад.

В промежуточной стадии затопления должна обеспечиваться достаточная остойчивость.

**2.3.3** Перетоки не должны рассматриваться как средство, обеспечивающее выполнение требований 2.3.1 и 2.3.2.

**2.3.4** Возможность несимметричного затопления должна быть сведена к минимуму применением эффективных устройств выравнивания крена.

Пространства, соединяемые каналами большого поперечного сечения, могут рассматриваться как общие.

**2.3.5** Системы, применяемые для выравнивания больших углов крена, должны, если это практически целесообразно, действовать автоматически.

Если предусмотрена арматура перетока, она должна иметь управление с места выше палубы переборок.

## 3 ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВАРИЙНОЙ ПОСАДКЕ И ОСТОЙЧИВОСТИ

**3.1** Информация об аварийной посадке и остойчивости, требуемая согласно части V «Деление на отсеки» Правил РС, должна содержать информацию для капитана о действиях при повреждениях больших, чем указано в 2.1. Так, должны быть рассмотрены последствия затопления от пробоины глубиной до диаметральной плоскости (для районов вне реакторного отсека).

# ЧАСТЬ VI. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1** Противопожарная защита атомного судна и плавучего сооружения должна отвечать всем требованиям части VI «Противопожарная защита» Правил РС, применяемым к пассажирским судам, перевозящим более 36 пассажиров, и требованиям настоящей части.

## 2 КОНСТРУКТИВНАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

**2.1** Реакторный отсек должен быть отделен от смежных помещений коффердамами или переборками типа А-60 для защиты от внешних пожаров или взрывов.

**2.2** В реакторном отсеке и помещениях, где расположено важное для безопасной работы ППУ оборудование, должны применяться только негорючие материалы.

Применение горючих материалов может быть допущено в виде исключения, если замена их негорючими невозможна. Такое исключение является в каждом случае предметом специального рассмотрения Регистром.

**2.3** Помещения внутри защитного ограждения, в которых применяются горючие вещества или установки, требующие применения горючих веществ (за исключением кабелей и лакокрасочных материалов, применяемых для окраски помещений), должны быть выгорожены конструкциями типа А-60.

Проходы трубопроводов и электрических кабелей в защитном ограждении должны обеспечить газоплотность и пожаростойкость, эквивалентные этим характеристикам для конструкций защитного ограждения.

**2.4** Шахты и вентиляционные каналы, ведущие в пространство, ограниченное защитной оболочкой или защитным ограждением, должны быть выполнены как конструкции типа А-60 внутри этих пространств на всю длину, снаружи – на длину, равную наибольшему размеру поперечного сечения канала.

Если шахты и каналы вентиляции оборудованы противопожарными заслонками, автоматически закрывающимися при пожаре и отвечающими требованиями части VIII «Системы и трубопроводы» Правил РС, то они могут быть конструкциями типа А-0.

**2.5** Междудонные цистерны в реакторном отсеке не должны использоваться для хранения топлива.

Если в нос или в корму от реакторного отсека предусматриваются междудонные цистерны для хранения топлива, то они должны быть отделены коффердамами от междудонного пространства реакторного отсека, конс-

трактивные элементы которых должны удовлетворять требованиям части II «Корпус» Правил РС.

## 3 ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ

**3.1** Применение воды в качестве огнегасящего вещества в помещениях внутри защитной оболочки не допускается.

**3.2** Посты управления атомной установкой должны быть оборудованы системами пожаротушения в соответствии с требованиями части VI «Противопожарная защита» Правил РС.

## 4 СИГНАЛИЗАЦИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА

**4.1** В дополнение к требованиям части VI «Противопожарная защита» Правил РС на атомных судах и плавучих сооружениях должна быть предусмотрена система сигнализации обнаружения пожара в помещениях защитной оболочки, защитного ограждения и постах управления.

Должно быть исключено применение извещателей сигнализации на основе ионизирующих излучений в помещениях с высоким уровнем радиации.

## 5 ПРОТИВОПОЖАРНОЕ СНАБЖЕНИЕ

**5.1** Помещение защитной оболочки должно быть снабжено углекислотными огнетушителями ОУ, как указано в части VI «Противопожарная защита» Правил РС.

Помещения ЦПУ и защитного ограждения должны быть снабжены огнетушителями ОУ, как указано в части VI «Противопожарная защита» Правил РС.

**5.2** Судно должно быть снабжено аварийными дыхательными устройствами (АДУ) в количестве, обеспечивающем каждого члена аварийной партии плюс одно АДУ для учебных целей.

# ЧАСТЬ VII. МЕХАНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1** АЭУ должна в полной мере отвечать всем требованиям части VII «Механические установки» Правил РС и требованиям настоящей части.

**1.2** Мощность заднего хода пропульсивной установки атомного судна и самоходного плавучего сооружения должна обеспечивать непревышение выбега судна (плавучего сооружения) при его торможении с полного переднего хода, оговоренного техническим заданием на проектирование судна (плавучего сооружения) и проверяемого на ходовых испытаниях судна (плавучего сооружения).

**1.3** АЭУ должна быть способной к запуску от источников энергии судна или плавучего сооружения.

**1.4** Атомное судно и самоходное плавучее сооружение, оборудованное одним реактором, должны иметь резервный источник энергии для обеспечения движения судна и плавучего сооружения, расхолаживания ППУ при выходе ее из строя, обеспечения нормальных условий обитаемости, управляемости, непотопляемости, противопожарной безопасности, судовых сигналов и связи, путей эвакуации и работы шлюпочных лебедок. Этот резервный источник энергии должен:

**.1** быть в состоянии готовности и иметь достаточную мощность для безопасной эксплуатации судна и плавучего сооружения в порту и поддержания управляемости в морских условиях, соответствующих силе ветра 6 баллов по шкале Бофорта при любых нормальных условиях загрузки;

**.2** быть в состоянии готовности, когда судно или плавучее сооружение находится в узкостях или районах с интенсивным судоходством;

**.3** не зависеть от ППУ;

**.4** располагаться вне реакторного отсека.

**1.5** Несамоходное плавучее сооружение должно иметь резервный источник энергии для расхолаживания ППУ и обеспечения нормальных условий обитаемости, противопожарной безопасности, непотопляемости, судовых сигналов и связи, путей эвакуации.

## 2 РАБОТА ПРИ КРЕНАХ И ДИФФЕРЕНТАХ

**2.1** Главные и вспомогательные механизмы должны сохранять работоспособность в условиях, перечисленных в табл. 2.1. Для конкретного типа атомного плавучего сооружения условия работоспособности механизмов могут устанавливаться по согласованию с Регистром.

Таблица 2.1

| №. | Условия | Механизмы и системы обеспечения работы ППУ | Главные и вспомогательные механизмы | Механизмы и оборудование аварийного назначения |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Длительный крен, град | 30 | 15 | 22,5 |
| 2 | Бортовая качка, град | 45 | 22,5 | 22,5 |
| 3 | Длительный дифферент, град | 10 | 5 | 10 |
| 4 | Килевая качка, град | 15 | 7 | 10 |

Примечание. При надлежащем обосновании Регистр может уменьшить требования, указанные в колонке 3. В этом случае допущенное снижение должно быть отражено в Информации о безопасности.

## 3 ПОМЕЩЕНИЕ ППУ

**3.1** Помещение ППУ должно быть расположено так, чтобы сводилась к минимуму вероятность повреждения ППУ при столкновении атомного судна или плавучего сооружения с другим судном или при посадке на мель.

Рекомендуется располагать ППУ в средней части судна (плавучего сооружения).

Поперечное расстояние от наружной обшивки до защитного ограждения ППУ указано в 7.4, а высота двойного дна в районе реакторного отсека – в 5.5 части IV «Корпус».

**3.2** ППУ и ее компоненты, содержащие радиоактивные вещества, должны быть заключены в защитную оболочку (см. также разд. 6 части IV «Корпус»).

**3.3** Проходы трубопроводов и электрических кабелей через защитную оболочку должны быть сведены к минимуму. Эти проходы должны быть выполнены так, чтобы выдерживать условия, возникающие в оболочке при классах состояний КС1 – КС4.

Расположение и конструкция проходов должны обеспечивать возможность их освидетельствований и локальных испытаний на герметичность.

**3.4** На всех трубопроводах, соединяющих внутренний объем защитной оболочки с помещениями защитного ограждения или с атмосферой, должны быть предусмотрены отсечные клапаны. Клапаны должны быть расположены снаружи оболочки настолько близко к ней, насколько возможно. Они должны автоматически отсекать защитную оболочку, а также иметь дистанционное управление.

Средства отсечения защитной оболочки как система безопасности должны отвечать критерию единичного отказа.

**3.5** На защитной оболочке должны быть предусмотрены устройства для автоматического выравнивания внешнего и внутреннего давления при затоп-

лении судна (плавучего сооружения). Конструкция таких устройств должна быть одобрена Регистром.

**3.6** Должны быть предусмотрены технические средства для периодических проверок и испытаний защитной оболочки в эксплуатации на герметичность для определения интегральной утечки.

**3.7** В дополнение к люку для перегрузки топлива должен быть предусмотрен шлюз для доступа персонала к оборудованию в защитной оболочке. Этот шлюз должен сохранять газоплотность защитной оболочки при классах состояний КС1 – КС4.

В защитной оболочке должен быть также предусмотрен лаз для аварийного выхода.

**3.8** О системе снижения давления в защитной оболочке при аварийном выбросе – см. разд. 5 части IX «Специальные системы».

**3.9** О вентиляции защитной оболочки – см. разд. 6 части IX «Специальные системы».

## 4 РАСПОЛОЖЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ППУ

**4.1** При расположении важных для безопасности ППУ механизмов и оборудования следует учитывать их защищенность при внутренней и внешней авариях.

Элементы и системы классов безопасности 1 и 2, а также системы и хранилища, содержащие радиоактивные среды и отходы, должны располагаться в пределах защиты от столкновения.

**4.2** Механизмы и оборудование, представляющие для ППУ опасность, если обломки их деталей разлетаются, должны быть экранированы.

## 5 ПОСТЫ УПРАВЛЕНИЯ ППУ

**5.1** Центральный пост управления реактором должен находиться в наименее уязвимом (от пожаров, взрывов, летящих обломков, радиоактивности и т. п.) месте, однако возможно ближе к реактору и машинной установке для сокращения протяженности цепей управления. Центральный пост управления должен иметь не менее двух выходов, обеспечивающих эвакуацию людей в спасательные шлюпки или пожаробезопасное место.

**5.2** Пост управления аварийным расхолаживанием (ПАР) должен быть расположен на достаточном удалении от ЦПУ, чтобы пожар или другая авария в ЦПУ не могла нарушить работу этого поста.

ПАР может быть функционально соединен с ходовым мостиком (см. также 19.17 части VIII «Атомные паропроизводящие установки»).

## 6 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЕ РЕЗЕРВНЫХ И АВАРИЙНЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРОВ

**6.1** Топливная система должна быть спроектирована так, чтобы однотипный отказ не приводил к выводу из строя всех генераторных агрегатов.

**6.2** Расходные топливные цистерны должны располагаться возможно ближе к дизель-генераторам.

**6.3** Резервные и аварийные дизель-генераторы должны использовать одинаковое топливо. Цистерны хранения топлива должны допускать его взаимную перекачку.

**6.4** Запасы топлива резервных дизель-генераторов должны быть достаточны для обеспечения работы на полной нагрузке с учетом предполагаемой продолжительности эксплуатационных рейсов судна или плавучего сооружения.

**6.5** Запасы топлива аварийных дизель-генераторов должны обеспечивать работу в течение, по крайней мере, 30 суток после любого аварийного состояния, включая КС4.

# ЧАСТЬ VIII. АТОМНЫЕ ПАРОПРОИЗВОДЯЩИЕ УСТАНОВКИ

## 1 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

**1.1** Настоящая часть содержит требования к судовым двухконтурным ППУ с водо-водяными ядерными реакторами.

К судовым ППУ с реакторами других типов требования устанавливаются Регистром особо.

**1.2** Требования настоящей части могут быть распространены Регистром в соответствии с действующим положением и на оборудование, не указанное в 2.2.

## 2 ОБЪЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

**2.1** Общие положения классификации и освидетельствования ППУ изложены в части II «Классификация».

**2.2** Техническому наблюдению Регистра подлежат следующие механизмы, оборудование и системы ППУ:

**.1** реакторы (корпуса, крышки с деталями их крепления, узлы крепления трубопроводов, внутренние выемные и невыемные части, предохранительные устройства и клапаны, опорные конструкции);

**.2** активные зоны (тепловыделяющие элементы, выгорающие поглотители, вытеснители, рабочие и постоянные источники нейтронов и их сборки);

**.3** средства управления, контроля и гашения цепной реакции (стержни, гильзы, приводы и исполнительные механизмы, ионизационные камеры с подвесками, термопары и термометры сопротивления, уровнемеры);

**.4** механизмы (насосы, компрессоры, вентиляторы);

**.5** предохранительные клапаны и устройства, арматура оборудования, механизмов и систем;

**.6** сосуды и аппараты под давлением (баки МВЗ, парогенераторы, компенсаторы давления, гидрокамеры, ионообменные и электромагнитные фильтры, теплообменники и холодильники, дренажные емкости, газо- и воздухохранители, пневмогидробаллоны);

**.7** системы:

циркуляции теплоносителя первого контура;

очистки теплоносителя первого контура;

подпитки теплоносителя первого контура;

отвода остаточных тепловыделений;

аварийного охлаждения активной зоны;

отбора проб теплоносителя первого контура;

воздухоудаления;
дренажа, хранения и выдачи вод первого контура;
компенсации изменения давления;
газа высокого давления;
теплоносителя второго контура (от парогенератора до второго запора);
охлаждения оборудования и защиты пресной водой;
охлаждения оборудования забортной водой;
вентиляции помещений ППУ и контролируемой зоны;
хранения, выгрузки и перегрузки сорбентов;
отвода гремучей смеси и контроля содержания водорода;
рабочей воды автоматики и управления арматурой;

**.8** системы и средства управления и защиты ядерных реакторов;

**.9** системы и средства контроля и сигнализации ядерных реакторов;

**.10** системы и средства управления, защиты, контроля и сигнализации систем и устройств ППУ;

**.11** технические средства освидетельствования оборудования;

**.12** технические средства обеспечения перегрузки и ремонта механизмов ППУ.

## 3 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**3.1** В состав технического проекта ППУ, представляемого на рассмотрение Регистру, должны входить:

**.1** описание с указанием основных технических данных, техническое задание и технические условия на поставку ППУ;

**.2** пояснительная записка к проекту;

**.3** чертежи общего вида ППУ;

**.4** описание эксплуатационных режимов ППУ;

**.5** описание аварийных режимов ППУ, которое должно включать:
анализ аварий, связанных с изменением реактивности;
анализ теплоотводных аварий с потерей теплоносителя;
расчетный анализ надежности систем безопасности;
анализ обеспечения безопасности по условиям прочности;

**.6** программа обеспечения качества ППУ;

**.7** перечень оборудования ППУ с указанием сведений о его одобрении Регистром;

**.8** принципиальные схемы систем ППУ;

**.9** техническое обоснование безопасности ППУ;

**.10** перечень технических средств для освидетельствования оборудования ППУ;

**.11** описание способов перегрузки тепловыделяющих сборок и активных зон и описание перегрузочного оборудования;

**.12** в случае применения оборудования ППУ, указанного в 2.2.1–2.2.6 и не одобренного Регистром ранее, техническая документация на него представляется Регистру одновременно с техническим проектом ППУ в следующем объеме:

чертежи общих видов с разрезами и чертежи основных деталей;

пояснительная записка или описание;

расчеты прочности;

технические условия на поставку (или их проект);

программы приемо-сдаточных испытаний головных и серийных образцов оборудования;

**.13** пояснительная записка к физическим и теплогидравлическим расчетам активной зоны.

**3.2** До начала изготовления оборудования ППУ, указанного в разд. 2, должна быть предъявлена на одобрение Регистру рабочая конструкторская документация.

## 4 ПРОЕКТНЫЕ КРИТЕРИИ

**4.1** Для обеспечения безопасности ППУ при всех ее эксплуатационных и аварийных состояниях должны быть соблюдены основные проектные критерии, указанные в разд. 6 части III «Принципы безопасности».

## 5 КЛАССЫ БЕЗОПАСНОСТИ И КЛАССЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**5.1** В соответствии с разд. 3 части III «Принципы безопасности» оборудование, механизмы, системы и устройства ППУ подразделяются в зависимости от их важности для безопасности судна на четыре класса безопасности.

Приводимое ниже распределение по классам безопасности является примерным.

**5.2** Класс безопасности 1 – к нему относятся следующие элементы ППУ:

**.1** реакторы, опорные конструкции активной зоны, тепловыделяющие сборки, сосуды под давлением и другие элементы первого контура, включая системы и трубопроводы, отказ которых может привести к аварийным состояниям КС3 и КС4 (см. также разд. 6).

Оборудование и трубопроводы, связанные с системой охлаждения реактора и являющиеся частью первого контура охлаждения реактора, могут не удовлетворять требованиям класса безопасности 1, если для принятого в проекте отказа оборудования или трубопроводов при нормальной работе реактора они могут быть выведены из действия и охлаждены обычным образом, восполняя утечки только системой подпитки первого контура, или если оборудование или трубопровод отключены или могут быть отключены от

системы охлаждения реактора двумя клапанами. Каждый открытый клапан должен быть готов к автоматическому закрытию. Время закрытия клапана должно быть таким, чтобы в случае принятого в проекте отказа оборудования или трубопровода при нормальной работе реактора каждый клапан оставался работоспособным и реактор мог быть выведен из действия и охлажден обычным способом;

**.2** парогенератор и трубопроводы второго контура, включая отсечные клапаны на главном паропроводе и питательном трубопроводе;

**.3** система аварийной защиты реактора, включая приводы СУЗ и датчики системы контроля, которые выдают сигнал аварийной защиты, а также формирующие и реализующие алгоритм управления ППУ по сигналам аварийной защиты;

**.4** циркуляционный насос первого контура (ЦНПК) и его трубопроводы охлаждения, включая отсечные клапаны.

**5.3** Класс безопасности 2 – к нему относятся следующие элементы:

**.1** элементы первого контура, не входящие в класс безопасности 1;

**.2** оборудование и системы, необходимые для:

отвода остаточных тепловыделений от активной зоны реактора при классах состояний КС2, КС3 и КС4;

контроля выбросов радиоактивных веществ в пределах защитной оболочки;

подавления избыточного содержания водорода в пределах защитной оболочки после аварии с большой течью или потерей теплоносителя первого контура;

охлаждения активной зоны реактора и/или понижения давления в нем при аварии (система отвода остаточных тепловыделений и система аварийного охлаждения активной зоны, включая аварийное обеспечение их электроэнергией, пневмогидробаллоны, цистерны теплоносителя и т. п.);

охлаждения защитной оболочки и/или снижения давления в ней при аварии с потерей теплоносителя;

восполнения утечек теплоносителя первого контура (система подпитки);

обеспечения любых других функций, которые могут иметь подобное значение для безопасности;

**.3** система управления и контроля ППУ;

**.4** системы и оборудование, снабжающие электроэнергией системы контроля ППУ, управления и защиты реактора;

**.5** система очистки воздуха защитной оболочки до первого запора от оболочки;

**.6** средства защиты от переопрессовки и система отвода теплоносителя первого контура от предохранительных клапанов, не отнесенные к классу безопасности 1.

**5.4** Класс безопасности 3 – к нему относятся следующие элементы:

**.1** любые системы безопасности ППУ или их части, не отнесенные к классам безопасности 1 и 2;

**.2** вспомогательные системы, предназначенные для обеспечения систем безопасности: смазочного масла, гидравлические, охлаждения оборудования забортной водой, сжатого воздуха, топливная система аварийного источника энергии для системы аварийного охлаждения активной зоны;

**.3** система охлаждения забортной водой, выполняющая функции безопасности для обеспечения основного проектного критерия Б;

**.4** системы, не относящиеся непосредственно к обеспечению безопасности, но отказ которых может привести к распространению в окружающую среду радиоактивных веществ, нормально требующих выдержки для снижения радиоактивности.

**5.5** Класс безопасности 4 – к нему относятся:

**.1** система питательной воды и пара второго контура за вторыми отсечными клапанами, не отнесенная к классам безопасности 2 и 3;

**.2** турбины, конденсаторы и турбогенераторы, не отнесенные к классам безопасности 1, 2 и 3;

**.3** другое оборудование, отказ которого может непосредственно привести к классу состояния КС2.

**5.6** В пределах каждого класса безопасности каждая система или ее элементы должны быть отнесены к соответствующему классу проектирования (КП) от КП1 до КП4.

Каждый класс проектирования определяет конкретные нормы проектирования, изготовления и контроля в зависимости от последствий отказа системы для безопасности судна.

Классы проектирования по номеру не всегда обязательно должны соответствовать классам безопасности.

**5.7** Оборудование класса проектирования КП1 требует применения наиболее высоких норм проектирования и обеспечения качества и соблюдения следующих основных положений.

**5.7.1** Расчеты прочности должны производиться в соответствии с нормами, одобренными Регистром. В расчетах должны быть учтены:

стабильные нагрузки от давления, включая испытательное;

изменение давления в процессе пуска, работы и вывода из действия;

колебания давления как следствие качки судна на морском волнении;

постоянные и переменные тепловые нагрузки;

динамические нагрузки при авариях с потерей теплоносителя, воздействующие на опорные конструкции и внутренние элементы реактора;

динамические силы, возникающие при разрыве трубы с двусторонним истечением теплоносителя;

динамические силы в результате любых проектных аварий, отнесенных к классам состояний КС3 и КС4;

воздействие судовой вибрации;

нагрузки, возникающие при статическом крене судна (плавучего сооружения) до 30°, углах качки до 45° и дифференте до 10°.

В расчетах прочности должны быть определены реакции опор при качке судна (плавучего сооружения), вызванные авариями с разрывом трубы, действиями быстрозакрывающихся клапанов и ходовой вибрацией.

Если резонансные колебания от ходовой вибрации исключаются, такие расчеты можно не производить. В этом случае Регистру должны быть представлены соответствующие обоснования.

Должна быть выполнена расчетная оценка статической прочности и сопротивления хрупкому разрушению, малоцикловой и радиационной долговечности элементов оборудования.

В расчетах прочности должно учитываться влияние на материал радиационного облучения и процессов старения (деформационного и теплового), происходящих в процессе эксплуатации установки.

**5.7.2** При выборе материалов должны учитываться:

их физико-химические и механические свойства (пластичность, прочность, критическая температура хрупкости, склонность к межкристаллитной коррозии, свариваемость, радиационная стойкость и др.);

воздействующие на них силы в условиях эксплуатации (знакопеременные нагрузки, удары, вибрация, давление, температура, радиоактивное облучение, коррозионное воздействие рабочих сред и др.).

Применяемые материалы должны быть допущены Регистром.

**5.7.3** Конструктивные требования:

сосуды под давлением должны быть сварены с полным проваром;

отверстия и фланцы должны иметь подкрепления, исключающие недопустимую концентрацию напряжений.

**5.7.4** Технология изготовления и контроль качества:

все элементы класса безопасности 1 должны быть изготовлены по одобренной технологии;

в процессе изготовления все сварные швы должны подвергаться неразрушающему контролю. Также должен производиться в необходимом объеме неразрушающий контроль для выявления поверхностных и внутренних дефектов и трещин. Данные такого контроля должны вноситься в формуляры и эксплуатационную документацию и в дальнейшем использоваться при анализе состояния оборудования при неразрушающем контроле в процессе освидетельствований в эксплуатации;

все сосуды под давлением, а также находящиеся под давлением корпуса насосов и двигателей по окончании изготовления должны быть испытаны гидравлическим давлением;

должна быть обеспечена и проверена чистота полостей и поверхностей оборудования в соответствии с одобренными стандартами.

**5.8** Оборудование класса проектирования КП2 требует применения высоких норм проектирования и обеспечения качества, включая соблюдение следующих положений.

**5.8.1** Расчеты прочности должны производиться в соответствии с Правилами РС или документами, одобренными Регистром.

Конструкции и их опоры должны рассчитываться на статические и динамические нагрузки от изменения рабочих параметров и от движения судна на морском волнении.

Трубопроводы с температурой рабочей среды 120 °С и выше должны рассчитываться на статические нагрузки от давления и температур с введением коэффициентов, учитывающих динамические нагрузки от качки судна в различных условиях загрузки. Трубопроводы малого диаметра должны отвечать требованиям части VIII «Системы и трубопроводы» Правил РС.

**5.8.2** Выбор, испытания и освидетельствования материалов должны отвечать требованиям настоящих Правил и Правил РС.

**5.8.3** Проектирование, изготовление и испытание сосудов под давлением и трубопроводов должны отвечать требованиям Правил РС или одобренным положениям для высокотемпературных паровых трубопроводов.

**5.9** Оборудование класса проектирования КП3 должно отвечать требованиям для котлов, теплообменных аппаратов и сосудов под давлением Правил РС.

**5.10** Оборудование класса проектирования КП4 должно соответствовать одобренным Регистром нормам проектирования, изготовления и испытания с учетом инерционных сил, действующих на это оборудование.

**5.11** При проектировании оборудования ППУ должны быть учтены циклические нагрузки.

Должно быть оценено влияние каждой аварии и каждого испытания для определения оставшегося безопасного срока службы оборудования первого контура в отношении циклических нагрузок.

## 6 КЛАССЫ СОСТОЯНИЯ УСТАНОВКИ

**6.1** При проектировании ППУ должны быть предусмотрены средства обеспечения ее безопасности и надежности при регламентированном состоянии ППУ и судна (плавучего сооружения), а также в зависимости от погодных и других внешних воздействий.

**6.2** Для оценки состояния ППУ (включая аварийное) в зависимости от частоты и последствий событий или неисправностей и отказов оборудования, которые должны быть рассмотрены в проекте ППУ, установлены четыре класса (см. разд. 3 части III «Принципы безопасности»).

**6.3** КС1 – нормальное состояние, в котором ППУ может находиться в работе на любом предусмотренном режиме. При КС1 могут иметь место отказы отдельных элементов оборудования, не влияющие на безопасность работы установки и не накладывающие ограничений на ее эксплуатацию.

КС1 включает такие режимы эксплуатации ППУ, как например:

**.1** пуск;

**.2** работа на предусмотренных уровнях мощности;

**.3** швартовные и ходовые испытания;

**.4** текущие планово-предупредительные осмотры и техническое обслуживание;

**.5** переменные режимы;

**.6** воздействие неблагоприятных погодных условий;

**.7** перегрузка сорбентов;

**.8** остановка;

**.9** нейтронно-физические и теплогидравлические измерения;

**.10** перезарядка активной зоны реактора.

**6.4** КС2 – состояние, в котором ППУ находится в работе на предусмотренном режиме. При КС2 имеют место отказы оборудования или нарушение режимов его работы вследствие отдельных неисправностей или ошибок эксплуатационного персонала, накладывающие временные ограничения на работу ППУ (снижение мощности или кратковременный вывод из действия).

КС2 включает режимы эксплуатации ППУ при нечастых отказах оборудования или при запланированных мероприятиях в период таких ненормальных условий работы, как:

**.1** отказ или неправильная работа механизма или устройства, результатом которых является изменение параметров теплоносителя первого контура или маневренности судна (самоходного плавучего сооружения), например: отключение электрогенератора, турбины, выключение конденсатора, отключение теплообменника пресной воды, прекращение подачи забортной воды, закрытие клапанов на главном паропроводе, отказ в основной электрической системе, отключение питательного насоса;

**.2** непреднамеренный запуск питательного насоса или ЦНПК;

**.3** изменение реактивности активной зоны в результате подачи холодной воды;

**.4** зависание одного (нескольких) рабочего(-их) органа(-ов) СУЗ или отказ привода АЗ;

**.5** срабатывание аварийной защиты реактора;

**.6** отключение или выход из строя циркуляционного насоса первого контура при работающих остальных насосах;

**.7** отказ элемента управления (регуляторов турбины, питательной воды, расхода и т. п.);

**.8** незначительная течь из системы циркуляции теплоносителя первого контура;

**.9** срабатывание предохранительного клапана второго контура.

**6.5** КС3 – аварийное состояние ППУ, при котором может потребоваться вывод установки из действия. КС3 включает такие редкие аварии, как:

**.1** нарушение плотности системы теплоносителя первого контура, приводящее к снижению давления в системе и требующее принятия таких мер, как отсечение защитной оболочки, подпитка первого контура и вывод реактора из действия;

**.2** прекращение принудительной циркуляции теплоносителя в первом контуре;

**.3** отказ в подаче питательной воды второго контура;

**.4** посадка судна (плавучего сооружения) на мель без полного нарушения отвода тепла из реактора при неповрежденном судне (плавучем сооружении);

**.5** столкновение судна (плавучего сооружения), сопровождающееся затоплением любых двух смежных водонепроницаемых отсеков;

**.6** пожар или взрыв на судне (плавучем сооружении), не приводящие к повреждению реакторного отсека;

**.7** пожар в машинном помещении или в ЦПУ;

**.8** аварии, связанные с редкими неблагоприятными погодными условиями и природными проявлениями в планируемом районе плавания или стоянки судна (плавучего сооружения), вероятность которых мала;

**.9** временное обесточивание основной электрической системы.

**6.6** КС4 – очень редкое тяжелое аварийное состояние ППУ, требующее ее экстренного вывода из действия. КС4 включает такие чрезвычайно редкие аварии, при которых на судне (плавучем сооружении) еще могут функционировать некоторые источники энергии, как:

**.1** авария с нарушением целостности оболочек (разгерметизацией) тепловыделяющих элементов, нарушением теплосъема и потерей теплоносителя первого контура;

**.2** посадка судна (плавучего сооружения) на мель с периодической потерей возможности отвода тепла к холодной среде;

**.3** чрезвычайно редкие тяжелые погодные условия и природные явления;

**.4** посадка судна (плавучего сооружения) на мель или на грунт с местным повреждением двойного дна на всю его высоту или с повреждением дна на очень большой длине;

**.5** столкновение судна (плавучего сооружения), сопровождающееся пожаром и/или взрывом на борту;

**.6** разрыв главного паропровода или паропровода в пределах защитного ограждения;

**.7** затопление судна (плавучего сооружения) на мелкой воде (до верхней палубы).

**.8** падение вертолета в районах реакторного отсека и/или хранилищ ядерного топлива.

**6.7** В соответствии с 2.2 части III «Принципы безопасности» в проекте должны быть рассмотрены последствия чрезвычайно редких событий, сопровождающихся полной утратой работоспособности всех судовых источников энергии (опрокидывание, затопление, посадка на мель с креном более 30°). Последствия таких событий настоящими Правилами не регламентируются.

## 7 АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**7.1** Анализ возможных аварийных ситуаций должен выполняться для классов состояний КС2 – КС4. Результаты такого анализа должны быть отражены в технических проектах ППУ и судна (плавучего сооружения) и представлены в Информации о безопасности.

**7.2** Анализ возможных аварийных ситуаций должен быть одобрен Регистром и включать следующее:

**.1** описание условий в начале аварийной ситуации, исходные данные для анализа;

**.2** описание мер борьбы с аварией, указания о системах и оборудовании, вводимых в работу системами защиты ППУ, в том числе СУЗ реактора, и других мерах, предпринимаемых персоналом;

**.3** сведения о методах анализа, физических и математических моделях, экспериментальных данных и программах расчета на ЭВМ;

**.4** допущения и теоретические основы расчетов радиационных последствий (например, повышение удельной активности теплоносителя первого контура при нарушении целости оболочек тепловыделяющих элементов, эффективность очистки теплоносителя, его утечки, фактор распространения радиоактивности, дозы);

**.5** данные для расчета области распространения радиоактивных веществ в окружающее воздушное пространство (высота выбросов радиоактивных веществ над верхней палубой, погодные условия);

**.6** описание процесса развития аварии, включая расчетное представление радиационных и других последствий;

**.7** меры предотвращения отказов в системах безопасности, возникающих от одной причины;

**.8** меры защиты лиц, находящихся на судне (плавучем сооружении) во время аварии.

**7.3** Предположения о возникновении аварии и последовательности событий должны учитывать положения разд. 6 части III «Принципы безопасности» и основываться на следующем.

**7.3.1** Системы и средства, указанные в 10.7 настоящей части, не должны утрачивать работоспособности при единичном отказе.

**7.3.2** Резервированная подсистема системы безопасности не может считаться в рабочем состоянии при единичном отказе, если Руководством по эксплуатации допускается ее ремонт при работе реактора.

**7.3.3** Защитные устройства должны автоматически включаться в действие с началом аварийной ситуации реактора. При необходимости действий оператора следует исходить из того, что в течение первых 30 мин эти действия невозможны. Действия оператора не должны препятствовать нормальной работе систем защиты. Должно быть показано, что ППУ остается в безопасном состоянии без вмешательства персонала в течение не менее 30 мин после аварии.

**7.3.4** Если результаты рассматриваемого события не могут быть предсказаны достаточно определенно, при расчете возможных аварийных ситуаций должны быть приняты соответствующие коэффициенты запаса.

**7.4** При оценке последствий возможных аварий также должны быть рассмотрены их долговременные последствия, которые должны быть отражены в проекте.

**7.5** При анализе возможных аварий ППУ должны быть рассмотрены ситуации, возникающие как следствие аварийных случаев на судне (плавучем сооружении). Несмотря на защиту против столкновений и посадки на мель, требуемую частью IV «Корпус», при анализе определенных аварийных ситуаций ППУ, связанных с авариями судна (плавучего сооружения), должны быть приняты следующие принципы.

**7.5.1** При посадке на мель или при столкновении судно получает повреждение максимальной протяженности, принятой в 2.1 части V «Деление на отсеки».

Все оборудование, расположенное в районах проникновения повреждений, а также находящееся в затопленных помещениях, считается неработающим. Оборудование, которое специально спроектировано для работы под водой, может считаться работающим, если может быть показано, что его источники энергии останутся работоспособными.

**7.5.2** Предполагается, что судно (плавучее сооружение) затонуло с выведенным из действия реактором и затоплено до верхней непрерывной палубы (затопление на мелкой воде). Защитное ограждение и защитная оболочка остаются незатопленными, за исключением случая, когда предусмотрено специальное оборудование для затопления этих помещений на такой глубине. Устройства выравнивания гидростатического давления, установленные на защитной оболочке, если они имеются, могут не работать, и судно (плавучее сооружение) может оставаться при углах наклонения, определенных в 2.1 части VII «Механические установки».

**7.5.3** При затоплении на глубокой воде должен удовлетворяться, как минимум, критерий А, указанный в 6.1.1 части III «Принципы безопасности».

Удержание радиоактивности должно эффективно выполняться в течение достаточно продолжительного времени, чтобы обеспечить как можно меньшее ее распространение путем сохранения, по крайней мере, одного существенного конструктивного барьера достаточной герметичности и сопротивления коррозии вокруг источников высокой радиоактивности.

**7.5.4** Развитие процесса затопления во времени должно рассматриваться с учетом того, что реактор находится в заглушенном состоянии перед погружением судна (плавучего сооружения).

**7.5.5** Горизонтальные составляющие ударных нагрузок, являющихся следствием столкновения и посадки на мель, должны быть определены в результате анализа, и выводы должны быть приведены в проекте (см. 5.2 части IV «Корпус»).

**7.5.6** В соответствии с 3.2 части III «Принципы безопасности» должно быть рассмотрено опрокидывание судна (плавучего сооружения); при этом должны быть проанализированы условия отвода тепла от активной зоны реактора опрокинувшегося судна (плавучего сооружения) и результаты должны быть представлены в Информации о безопасности.

**7.5.7** Посадка на мель с креном, указанным в 2.1 части VII «Механические установки», должна быть проанализирована с учетом следующего:

**.1** утраты возможности приема забортной воды через бортовые или донные приемные отверстия;

**.2** посадки на мель в приливно-отливных водах с периодическим перерывом в подаче забортной воды;

**.3** посадка судна (плавучего сооружения) на мель с креном выше 30° должна быть рассмотрена с точки зрения возможных последствий, которые не регламентируются настоящими Правилами.

**7.5.8** Анализ пожаров и взрывов на борту должен производиться с учетом следующего:

**.1** может быть принято, что пожар возникает от одиночного источника в любом отсеке, содержащем горючие вещества;

**.2** анализ должен показать, что предусмотрены соответствующая конструктивная противопожарная защита и системы обнаружения и тушения пожара, обеспечивающие достаточную защиту систем безопасности реактора;

**.3** если существует возможность возгорания или взрыва в грузовых трюмах или танках, такие случаи должны быть проанализированы и результаты анализа должны подтвердить, что безопасности реактора не будет нанесен ущерб;

**.4** должно быть проанализировано столкновение с последующим пожаром и/или взрывом и рассмотрено влияние длительных пожаров на радиационную безопасность;

**.5** если на судне (плавучем сооружении) предусмотрен вертолет, должны быть проанализированы последствия его падения на судно (плавучее соору-

жение) и доказано, что авария или вызванный ею пожар не нанесут ущерба безопасности судна (плавучего сооружения).

**7.6** Аварии ППУ, которые могут создать на борту судна (плавучего сооружения) опасную ситуацию для населения или окружающей среды, должны быть классифицированы по классам состояния и обозначены как основные проектные аварии.

**7.7** Должны быть проанализированы аварии оборудования, механизмов, систем и устройств ППУ, которые относятся к классам состояний КС2, КС3 и КС4. В частности, следует проанализировать следующие случаи, результаты которых необходимо представить в Информации о безопасности:

**.1** вывод из активной зоны любого единичного рабочего органа или рабочих органов СУЗ, приводимых к перемещению общим приводом или имеющих общее управление с максимально возможной скоростью при любом исходном положении (холодном или горячем), в любых условиях подкритичной или критичной активной зоны реактора, независимо от его мощности;

**.2** утечка теплоносителя первого контура во второй контур через возникшие неплотности трубной системы парогенератора с учетом возможности отсечения линий пара и питательной воды после повышения активности во втором контуре. Расчетные значения мощности доз в машинном помещении должны быть указаны в Информации о безопасности и Руководстве по эксплуатации ППУ;

**.3** зависание рабочего органа СУЗ в активной зоне в любом положении по высоте и при наихудших условиях по выгоранию ядерного топлива в активной зоне или отказ привода управляющего стержня активной зоны;

**.4** непреднамеренный запуск одного ЦНПК с забросом холодной воды в реактор;

**.5** подача холодной воды в реактор из систем подпитки, питательной воды или других источников с максимально возможным расходом;

**.6** повышение давления в системе теплоносителя первого контура, возникающее при прекращении отвода пара;

**.7** непреднамеренное уменьшение концентрации жидкого поглотителя нейтронов в теплоносителе первого контура;

**.8** возможные отказы в системе управления мощностью реактора;

**.9** утрата возможности отвода тепла забортной водой;

**.10** аварии с потерей теплоносителя первого контура;

**.11** утечки теплоносителя первого контура из хранилища для слива воды первого контура.

**7.8** При анализе утраты возможности отвода тепла должно быть учтено следующее:

**.1** остановка главной турбины;

**.2** выход из строя главного конденсатора без использования вспомогательного конденсатора, за исключением случая, когда он находится в работе или в резерве;

**.3** отказ одного питательного насоса, закрытие питательной магистрали или другой отказ в питательной магистрали второго контура;

**.4** невозможность использования одного из каналов расхолаживания реактора при нахождении судна (плавучего сооружения) у стенки.

**7.9** Аварии с потерей теплоносителя первого контура должны быть проанализированы с учетом следующего:

**.1** возможности разрыва любой трубы первого контура, за исключением патрубков корпуса реактора;

**.2** скорость потери теплоносителя через предполагаемую поврежденную трубу должна соответствовать двустороннему истечению, исключая случаи, когда может быть доказано, что имеется достаточное физическое ограничение смещения сломанных концов трубы или предусмотрены другие средства предотвращения двустороннего истечения;

**.3** авария с потерей теплоносителя первого контура должна рассматриваться как максимальная проектная авария с учетом следующего:

напряжения в конструкции защитной оболочки и систем защитной оболочки не должны быть превышены, и предусмотренное проектом давление должно приниматься с соответствующим запасом расчетного давления;

радиационные последствия не должны превышать последствий, указанных в части XII «Радиационная безопасность»;

активная зона и ее тепловыделяющие элементы должны выдерживать термические и механические нагрузки, воздействующие на них, а возможные деформации не должны исключать отвода тепла циркулирующим теплоносителем;

функционирование цистерн отвода теплоносителя от предохранительных клапанов и цистерн снижения давления не должно нарушаться при изменении положения судна (плавучего сооружения) в результате воздействия ветра и моря, принятого при проектировании для классов состояний КС1 и КС2;

**.4** должны быть рассмотрены следующие начальные или граничные условия при анализе аварии с потерей теплоносителя:

одна из подсистем системы аварийного охлаждения подает теплоноситель в поврежденный трубопровод, а не в корпус реактора;

вторая подсистема находится в ремонте (если проектом предусматривается обслуживание системы аварийного охлаждения активной зоны в эксплуатации);

в работающей системе может возникнуть единичный отказ;

реактор выключен и поддерживается в безопасном состоянии в течение 30 мин после начала события;

система автоматического и дистанционного управления ППУ обеспечивает оператору возможность включения систем безопасности;

протекают химические реакции (например, реакции водорода и циркония);

продолжают работать только те системы, которые специально спроектированы для работы в условиях аварии с потерей теплоносителя.

**7.10** В необходимых случаях потеря пара или питательной воды второго контура после полного разрыва главного паропровода или главного питательного трубопровода должна рассматриваться как основная проектная авария. В любом случае влияние такой аварии на реактор должно быть оценено и описано в Информации о безопасности.

**7.11** Должен быть рассмотрен отказ активного компонента или ошибка в управлении системой обработки радиоактивных отходов; этот отказ или ошибка не должны ухудшать функций безопасности системы при классах состояний КС3 и КС4.

**7.12** Должно быть проанализировано влияние отказа любого важного элемента электрической установки на безопасность ППУ, исходя из критерия единичного отказа.

Полное прекращение нормального электроснабжения от основной электрической установки должно рассматриваться как основная проектная авария.

## 8 ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ППУ

**8.1** Требования к источникам электроэнергии для питания ППУ указаны в части X «Электрическое оборудование».

## 9 ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ

**9.1** При проектировании ППУ должно анализироваться влияние на нее различных внешних факторов, указанных в разд. 8 части III «Принципы безопасности».

## 10 ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**10.1** При наличии на судне (плавучем сооружении) двух ППУ каждая из них должна быть автономной и обеспечивать работу АЭУ вне зависимости от состояния другой ППУ.

**10.2** Крепление оборудования ППУ должно обеспечивать удержание его на месте при любом изменении положения судна в пространстве вплоть до опрокидывания.

**10.3** Для системы аварийного охлаждения активной зоны, системы отвода остаточных тепловыделений и системы защиты реактора должна быть обеспечена возможность испытания способности их выполнять свои функции. Испытания в процессе работы реактора должны проводиться без перерыва в обеспечении функций безопасности и без нарушения работы системы.

**10.4** Соответственно классу безопасности жидкостные и газовые системы и сосуды под давлением должны быть обеспечены средствами для обеспечения следующих технических нужд:

**.1** заполнения систем и сосудов после первоначальной установки, модернизации или ремонтов;

**.2** первоначального испытания давлением;

**.3** защиты от переопрессовки;

**.4** периодических осмотров и испытаний давлением;

**.5** отсечения системы;

**.6** выполнения программы освидетельствования;

**.7** контроля термодинамических параметров.

**10.5** Автоматически управляемые системы, важные для работы и безопасности ППУ, должны быть также снабжены ручным местным или дистанционным управлением.

**10.6** Должно быть предусмотрено автоматическое включение в работу систем безопасности реактора с началом всех событий, требующих их быстрого действия.

Автоматически включаемые системы должны быть способны поддерживать реакторную установку в безопасном состоянии по крайней мере в течение 30 мин без помощи оператора.

Допускается управление системами безопасности оператором при условии, что любая ошибка оператора не влияет отрицательно на работу этих систем и не препятствует срабатыванию защит.

**10.7** Все системы безопасности должны удовлетворять принципу единичного отказа. К таким системам относятся:

**.1** система автоматического и дистанционного управления, защиты, контроля и сигнализации ППУ (в отношении функций безопасности);

**.2** система отвода остаточных тепловыделений;

**.3** система аварийного охлаждения активной зоны;

**.4** средства отсечения защитной оболочки;

**.5** система предотвращения повышения давления в первом контуре;

**.6** система снижения давления в защитной оболочке.

**10.8** Время ввода в действие резервного оборудования должно исключать возможность аварийной ситуации в установке.

Обоснование достаточности принятого резервирования должно быть дано в техническом проекте ППУ.

**10.9** Крепление систем и трубопроводов ППУ должно быть надежным при всех нормальных и аварийных условиях. В необходимых случаях конструкция креплений трубопроводов должна допускать их тепловое расширение. Трубопроводы и системы должны размещаться от поверхности крепления на расстоянии, обеспечивающем обслуживание и ремонт систем.

**10.10** Должна быть предусмотрена возможность работы ППУ на пониженной мощности при отключении части парогенераторов или парогенерирующих секций, насосов и другого оборудования ППУ, а также части насосов, теплообменных аппаратов и другого оборудования паротурбинной установки.

**10.11** Должна быть обеспечена надежная циркуляция теплоносителя первого контура, обеспечивающая расхолаживание реактора с любого предусмотренного условиями эксплуатации уровня мощности.

**10.12** Оборудование ППУ должно отвечать требованиям к обеспечению чистоты его полостей и поверхностей, одобренным Регистром. Чистота деталей, узлов и изделий ППУ должна быть обеспечена перед сборкой, в процессе сборки и заводских испытаний, при монтаже его на судне, испытаниях и эксплуатации.

**10.13** Должно быть предусмотрено оборудование для поддержания требуемой чистоты и качества теплоносителя в процессе эксплуатации ППУ в соответствии с нормами, предусмотренными в проекте.

**10.14** Возможность замены фильтрующих элементов или веществ в фильтрах с радиоактивными рабочими жидкостями должна быть обеспечена надежным отключением фильтров сдвоенной арматурой от находящейся под рабочим давлением системы.

**10.15** На судне (плавучем сооружении) должно быть предусмотрено оборудование для приготовления воды для ППУ. Качество воды должно отвечать нормам, предусмотренным для данной ППУ.

**10.16** Должно быть предусмотрено оборудование для поддержания заданного давления в первом контуре и его подпитки, а также другое вспомогательное оборудование, обеспечивающее безопасную нормальную работу ППУ во всех эксплуатационных режимах.

**10.17** Должны быть предусмотрены надежные средства постоянного контроля герметичности трубных систем каждого из парогенераторов и надежные средства отключения парогенераторов или парогенерирующих секций по пару и питательной воде.

**10.18** Оборудование ППУ должно быть вибростойким в соответствии с нормами, одобренными Регистром.

**10.19** Номенклатура и количество запасных частей для механизмов и оборудования ППУ определяется техническими условиями на их поставку или спецификациями завода-поставщика, одобренными Регистром.

**10.20** Перечень и обоснование выбора аварийных параметров установки, при которых производится остановка реактора, должны быть приведены в проекте ППУ.

**10.21** Системы и устройства с возможным образованием опасных концентраций гремучей смеси должны быть оборудованы надежной системой ее отвода или средствами снижения концентрации.

**10.22** Нормативные документы по сварке конструкций и оборудования ППУ и контролю качества сварных соединений должны быть одобрены Регистром.

**10.23** Оборудование ППУ, подлежащее техническому наблюдению Регистра, после окончания его изготовления, сборки, регулировки и обкатки до установки на судно (плавучее сооружение) должно быть испытано на стенде предприятия-изготовителя под нагрузкой по программам, одобренным Регистром.

**10.24** Головные образцы оборудования должны испытываться по программам, обеспечивающим проверку надежности, длительной работоспособности и соответствия условиям работы.

**10.25** Оборудование ППУ и ППУ в целом после установки на судно (плавучее сооружение) должны быть испытаны по программам, одобренным Регистром, на швартовных и ходовых испытаниях.

**10.26** На корпусах механизмов, оборудования, устройств, сосудов и аппаратов должно быть нанесено клеймо в соответствии с Инструкцией по клеймению объектов технического наблюдения Регистра, приведенной в части I «Общие положения по техническому наблюдению» Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов.

## 11 АКТИВНАЯ ЗОНА

**11.1** Активная зона должна обеспечивать непрерывную надежную работу реактора на любых предусмотренных эксплуатационных и переходных режимах, а также работу с остановками при числе пусков не менее допустимого для реактора за расчетную кампанию активной зоны.

**11.2** Состав и конструкция активной зоны должны исключать возможность неконтролируемого разгона реактора и ядерной аварии при всех эксплуатационных и аварийных состояниях установки и судна (плавучего сооружения).

**11.3** Конструкция активной зоны должна обеспечивать надежное перемещение всех устройств, необходимых для обеспечения работы активной зоны на любых разрешенных уровнях мощности при пусках и остановках реактора.

**11.4** При проектировании активной зоны должны быть установлены и обоснованы допустимые пределы повреждений элементов активной зоны.

Конструкция активной зоны должна исключать выход радиоактивных веществ выше установленных пределов из элементов активной зоны при изготовлении, испытаниях, хранении и эксплуатации в реакторе до полной выработки энергоресурса.

**11.5** Конструкция тепловыделяющих сборок, а также элементов управления и защиты активной зоны должна учитывать такие факторы, как свойства

материалов, влияние облучения, физические и химические процессы, статические и динамические нагрузки при всех классах состояния установки, влияние качки судна (плавучего сооружения), допуски при изготовлении и неопределенности в расчетах, влияние отложений на тепловыделяющих поверхностях на эффективность теплоотвода.

**11.6** Должны быть обеспечены конструкция, форма и размеры активной зоны и ее элементов, позволяющие осуществлять их эффективное охлаждение при классах состояний КС1 – КС4.

**11.7** Должны быть предусмотрены соответствующие запасы на ненормальные условия по расходу теплоносителя вследствие прекращения энергоснабжения циркуляционных насосов или других причин.

**11.8** Должны быть предусмотрены средства постоянного контроля радиоактивности теплоносителя первого контура с целью обнаружения повреждения элементов активной зоны.

**11.9** При определении тепловых нагрузок активной зоны должны учитываться неточности в расчетах. Тепловые запасы должны выбираться в качестве эксплуатационного ограничения. Расчеты теплопередачи при предельных переходных процессах должны подтверждаться экспериментальными данными.

**11.10** Должны быть представлены расчеты распределения потока теплоносителя через тепловыделяющие сборки. В расчетах должно быть учтено изменение потока теплоносителя и изменение теплопередачи под влиянием качки судна (плавучего сооружения). Коэффициенты запаса, заложенные в расчетах, должны учитывать неточность подобных расчетов.

**11.11** Должны быть представлены расчеты и/или данные испытаний, подтверждающие отсутствие или допустимость вибрации активной зоны и ее опор, вызванной гидравлическими потоками теплоносителя.

## 12 РЕАКТОР

**12.1** Реактор должен надежно и стабильно работать при предусмотренных проектом условиях эксплуатации на всех проектных нагрузках.

**12.2** Скорость повышения и снижения нагрузки реактора должна обеспечивать достаточную маневренность судна или самоходного плавучего сооружения с использованием атомной энергии для обеспечения его движения.

**12.3** Конструкция реактора и исполнительных органов управления, регулирования и защиты должна исключать непреднамеренное изменение реактивности при качке, крене, опрокидывании, вибрации, ударах и иных предусмотренных динамических нагрузках.

**12.4** Реактор должен обладать способностью перевода его в подкритическое состояние при любом положении судна (плавучего сооружения) в пространстве, включая его опрокидывание, и с любого уровня мощности.

**12.5** Конструкция реактора должна исключать возможность свободного слива теплоносителя из него: все патрубки на корпусе реактора должны быть размещены выше верхнего среза активной зоны.

**12.6** Реактор должен отвечать действующим техническим требованиям по обеспечению ядерной безопасности судовых реакторов, согласованным с Регистром.

**12.7** Конструкция реактора должна обеспечивать возможность безопасной перегрузки активной зоны.

**12.8** Конструкция реактора должна обеспечивать возможность внутреннего освидетельствования визуально и средствами дистанционного или неразрушающего контроля.

## 13 СИСТЕМА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПЕРВОГО КОНТУРА

**13.1** Оборудование, трубопроводы и арматура, составляющие систему теплоносителя первого контура, должны полностью отвечать требованиям, предъявляемым к оборудованию классов безопасности 1 и 2.

**13.2** Должны быть предусмотрены средства обнаружения утечек теплоносителя первого контура.

**13.3** Первый контур должен быть спроектирован с достаточным запасом прочности, чтобы в напряженном состоянии при эксплуатации, обслуживании, испытаниях и принятых в проекте аварийных условиях стенки сохраняли пластичность. Запас прочности должен учитывать влияние рабочих температур на стенки и влияние радиации на свойства материалов, а также других факторов, действующих при этих условиях.

**13.4** При выборе материалов и методов изготовления должно учитываться следующее:

**.1** совместимость с рабочими средами;

**.2** коррозионное и эрозионное воздействие теплоносителя, промывочных и дезактивационных сред;

**.3** образование элементов с большим периодом полураспада;

**.4** влияние нейтронного облучения на свойства материалов.

**13.5** Первый контур должен быть оборудован автоматическими средствами, исключающими его переопрессовку, выбор которых обосновывается в проекте ППУ. При установке предохранительных клапанов или устройств их должно быть не менее двух. Сброс среды от таких клапанов или устройств должен осуществляться в емкость, защита которой от переопрессовки определяется по согласованию с Регистром.

**13.5.1** Пропускная способность предохранительных клапанов должна быть такой, чтобы повышение давления более чем на 10 % по сравнению с расчетным было невозможно при всех основных проектных авариях, если один из клапанов не срабатывает.

**13.5.2** Применение разрывающихся мембран вместо клапанов не допускается.

**13.5.3** Применение отключающих устройств срабатывания предохранительных клапанов на открытие и закрытие не допускается:

**.1** если не предусмотрена надежная блокировка, автоматически открывающая дополнительное разгрузочное устройство соответствующей пропускной способности;

**.2** если в системе защиты ядерного реактора не предусмотрена его остановка по сигналу превышения давления.

**13.5.4** Предохранительные клапаны могут быть заменены другими эквивалентными средствами, если:

**.1** такие средства имеют по крайней мере равную с предохранительными клапанами надежность;

**.2** риск количественно не увеличивается;

**.3** первый контур сохраняет целость при классах состояний КС1 – КС4, и максимальные напряжения в корпусе реактора и всего первого контура ограничены, т. е. возможные напряжения не превысят допустимых напряжений, обусловленных запасом прочности;

**.4** учтено влияние тех классов состояний, которые включают в себя потерю охлаждения в окружающую среду (четвертый контур);

**.5** доказано, что критерии А, Б и В, указанные в части III «Принципы безопасности», выполняются;

**.6** подобная замена одобрена Регистром.

**13.5.5** Доказательства того, что требования 13.5.4.1 – 13.5.4.5 выполняются, должны быть представлены в Информации о безопасности.

**13.5.6** Расширительные цистерны могут быть расположены вне защитной оболочки, если помещения, где они расположены, отвечают положениям 13.5.4.1 – 13.5.4.5, а также если учтены требования разд. 6 части IV «Корпус» к конструкции защитной оболочки.

## 14 СИСТЕМА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ВТОРОГО КОНТУРА

**14.1** Кроме положений, указанных в настоящих Правилах, система теплоносителя второго контура должна отвечать требованиям части VIII «Системы и трубопроводы» Правил РС.

**14.2** Парогенераторы с трубопроводами и арматурой до второго отсечного запорного органа включительно должны соответствовать тем же нормам проектирования и степени надежности, что и оборудование первого контура.

**14.3** Парогенераторы с арматурой, находящейся под внутренним давлением, должны подвергаться испытаниям согласно табл. 2.2 части II «Классификация».

**14.4** На каждый реактор должно быть предусмотрено не менее двух парогенераторов или один парогенератор с двумя раздельными отключаемыми секциями.

**14.5** Паропроводы второго контура и трубопроводы питательной воды должны иметь по два отсечных запорных устройства с дренажем между ними в защищенную емкость в пределах контролируемой зоны. Запорные устройства должны устанавливаться по возможности ближе к парогенераторам. По крайней мере одно из запорных устройств на трубопроводах пара и питательной воды должно иметь дистанционное и местное ручное управление; другие могут иметь только местное ручное управление. На трубопроводах пара и питательной воды рекомендуется иметь по одному из запорных устройств с автоматическим управлением, действующим от сигнала нарушения герметичности трубной системы парогенератора.

**14.6** Должна быть обеспечена возможность промывки парогенераторов.

**14.7** При многосекционных парогенераторах должна быть обеспечена возможность выявления и отключения неплотных секций.

**14.8** Должны быть предусмотрены средства защиты системы теплоносителя второго контура от переопрессовки.

**14.9** Каждый парогенератор (или группа парогенерирующих устройств, соединенных таким образом, что они не могут быть отсечены друг от друга), если не рассчитан на давление первого контура, должен иметь по крайней мере два предохранительных клапана, расположенных до первого по потоку отсечного клапана. Предохранительные клапаны, насколько применимо, должны отвечать требованиям части X «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением» Правил РС.

**14.9.1** Пропускная способность предохранительных клапанов должна быть такой, чтобы повышение давления более чем на 10 % по сравнению с расчетным было невозможно при всех основных проектных авариях, если по крайней мере один из клапанов не срабатывает.

**14.9.2** Если утечки теплоносителя из первого во второй контур могут привести к срабатыванию предохранительных клапанов второго контура, сброс через эти клапаны должен осуществляться в емкость, расположенную в пределах защитной оболочки или защитного ограждения.

## 15 ОТВОД ОСТАТОЧНЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ ИЗ РЕАКТОРА

**15.1** Должно быть предусмотрено оборудование, обеспечивающее отвод остаточных тепловыделений активной зоны в период нормального или аварийного вывода реактора из действия, а также при перегрузке активной зоны и ремонтных работах.

Система отвода остаточных тепловыделений должна удовлетворять критерию единичного отказа.

**15.2** Система отвода остаточных тепловыделений должна функционировать во время и после всех судовых аварий, за исключением:

**.1** опрокидывания судна (плавучего сооружения);

**.2** затопления на такой глубине, когда может быть доказано, что отвод тепловыделений может осуществляться затоплением защитной оболочки.

**15.3** Система отвода остаточных тепловыделений должна непрерывно работать в течение времени, определенного при анализе эксплуатационных и аварийных ситуаций.

**15.4** Система отвода остаточных тепловыделений должна быть достаточной производительности, надежности и иметь резерв, чтобы:

**.1** при КС1 и КС2 охлаждение активной зоны обеспечивало целостность оболочек тепловыделяющих элементов;

**.2** при КС3 и КС4 обеспечивалось охлаждение активной зоны, а повреждения оболочек тепловыделяющих элементов не приводили к превышению предельных норм облучения людей и загрязнения окружающей среды.

## 16 АВАРИЙНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

**16.1** Система аварийного охлаждения активной зоны является системой безопасности.

**16.1.1** Она должна удовлетворять критерию единичного отказа.

**16.1.2** Система должна поддерживать, насколько это достижимо, целостность тепловыделяющих элементов вслед за максимальной проектной аварией с последующей остановкой реактора. Средства подачи охладителя активной зоны должны надежно функционировать до тех пор, пока средства отвода остаточных тепловыделений не окажутся способными удалять остающиеся длительные тепловыделения активной зоны.

**16.1.3** Если для аварийного охлаждения активной зоны применяются пневмогидробаллоны, они должны быть оборудованы предохранительными клапанами, указателями давления газа и уровня воды. Должны быть предусмотрены источники для поддержания газовой подушки в таких сосудах.

**16.1.4** Все выключатели системы аварийного охлаждения активной зоны, за исключением основного, должны быть механически блокированы в положении, необходимом для работы системы.

**16.1.5** Должно быть обеспечено управление системами аварийного охлаждения активной зоны из ЦПУ.

**16.1.6** Механизмы, устройства и арматура систем аварийного охлаждения активной зоны должны быть доступны для испытаний и проверок их работоспособности.

**16.2** В ППУ с несколькими реакторами должно быть полное разделение систем аварийного охлаждения, если в проекте не показано, что использова-

ние отдельных их узлов на различных реакторах не приводит к ухудшению способности этой системы выполнять свои функции.

## 17 СИСТЕМЫ И ТРУБОПРОВОДЫ

**17.1** Системы и трубопроводы классов безопасности 1 и 2 должны отвечать следующим требованиям.

**17.1.1** Расчеты прочности систем и трубопроводов должны быть выполнены в соответствии с их классом безопасности по методикам, одобренным Регистром.

**17.1.2** Расчетное давление и температура должны выбираться на основе анализа режимов работы ППУ.

**17.1.3** Материалы труб и арматуры должны быть легкосвариваемыми, коррозионно- и эрозионно стойкими, не обладать склонностью к межкристаллитной коррозии, сохранять в максимально возможной степени прочностные и пластические свойства под воздействием радиоактивных излучений в течение времени работы на судне (плавучем сооружении) и допускать дезактивацию.

**17.1.4** Трубопроводы систем должны изготавливаться из бесшовных труб.

**17.1.5** Соединения трубопроводов должны быть сварными. Применение фланцевых и штуцерных соединений допускается по особому согласованию с Регистром при условии, если невозможно применение сварки.

**17.1.6** Конструкция, сварка и контроль сварных швов трубопроводов, а также сварные соединения патрубков должны выполняться в соответствии с положениями по сварке и правилами контроля сварных швов, одобренными Регистром.

**17.1.7** Если в трубопровод, содержащий радиоактивную среду, требуется подвод нерадиоактивной среды, то на трубе ее подвода должны быть установлены невозвратный и запорный клапаны.

**17.1.8** Арматура систем должна быть с патрубками под приварку и, как правило, с сильфонным уплотнением.

**17.1.9** Теплоизоляция должна быть выполнена с учетом возможности дезактивации трубопроводов.

**17.1.10** Материалы и конструкция теплоизоляции должны быть одобрены Регистром, теплоизоляция должна быть изготовлена из негорючих материалов.

**17.1.11** Трубы и арматура после окончательной обработки в цехе и монтажа на судне (плавучем сооружении) должны быть подвергнуты гидравлическим испытаниям пробным давлением и на герметичность. Нормы гидравлических испытаний должны быть согласованы с Регистром.

**17.2** Системы и трубопроводы классов безопасности 3 и 4 должны отвечать требованиям части VIII «Системы и трубопроводы» Правил РС.

**17.3** Все трубопроводы, проходящие сквозь защитную оболочку, должны отвечать требованиям 3.3 и 3.4 части VII «Механические установки».

**17.4** Арматура оборудования, систем и трубопроводов ППУ должна иметь местные указатели ее положения и легкочитаемые отличительные планки. Дистанционно управляемая арматура, кроме того, должна иметь устройства для ручного управления с места ее установки. Арматура, управляемая из ЦПУ, должна иметь дополнительное обозначение, аналогичное обозначению на пульте.

## 18 ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ И СОСУДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

**18.1** Теплообменные аппараты и сосуды под давлением должны быть спроектированы с учетом их класса безопасности.

**18.2** Теплообменные аппараты и сосуды под давлением классов безопасности 1 и 2, за исключением реактора, должны отвечать следующим требованиям.

**18.2.1** Расчеты прочности теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны выполняться по методикам, одобренным Регистром.

**18.2.2** Способы герметизации главных разъемов должны быть одобрены Регистром.

**18.2.3** Корпуса теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны быть приспособлены к гидравлическим испытаниям.

**18.2.4** Теплообменные аппараты и сосуды под давлением, за исключением первого контура, в необходимых случаях должны быть защищены от недопустимого повышения в них давления неотключаемыми предохранительными устройствами.

**18.2.5** Предохранительные устройства допускается не устанавливать на теплообменные аппараты и сосуды под давлением классов безопасности 1 и 2, если они соединены неотсекаемыми трубами с сосудом, на котором имеются предохранительные устройства.

**18.2.6** Материалы теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны быть легкосвариваемыми, коррозионно- и эрозионно устойчивыми, не обладать склонностью к межкристаллитной коррозии, сохранять в максимально возможной степени прочностные и пластические свойства под воздействием радиоактивных излучений в течение времени работы на судне (плавучем сооружении), допускать их дезактивацию и должны быть одобрены Регистром.

**18.2.7** Конструкция, сварка и контроль сварных швов теплообменных аппаратов и сосудов под давлением должны выполняться в соответствии с положениями по сварке и правилами контроля сварных швов, одобренными Регистром. Все сварные швы должны подвергаться неразрушающему контролю.

**18.2.8** Теплообменные аппараты и сосуды под давлением после изготовления, а также после монтажа на судне (плавучем сооружении) должны быть подвергнуты гидравлическим испытаниям пробным давлением на герметичность в соответствии с нормами гидравлических испытаний, одобренными Регистром.

**18.2.9** Теплообменные аппараты и сосуды под давлением должны подвергаться гидравлическим и иным испытаниям на прочность до нанесения на них изоляции или защитного покрытия.

**18.3** Теплообменные аппараты и сосуды под давлением классов безопасности 1 – 4 должны также отвечать требованиям части X «Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением» Правил РС в той мере, в какой они не противоречат настоящим Правилам.

## 19 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

**19.1** Должна быть установлена система управления и защиты реактора, обеспечивающая:

**.1** непрерывный контроль эксплуатационного состояния реактора;

**.2** автоматическое и дистанционное управление ППУ, исключающее превышение проектных характеристик реактора, важных для безопасности;

**.3** автоматическое и дистанционное управление реактором на заданном уровне мощности;

**.4** восприятие сигналов аварийного состояния и включение в работу систем и оборудования, важных для безопасности.

**19.2** Система управления и защиты реактора в отношении выполнения функций безопасности должна быть резервирована и способна выполнять свои функции в предположении единичного отказа.

**19.3** Система управления и защиты должна обеспечивать управление мощностью реактора в соответствии с эксплуатационными потребностями судна (плавучего сооружения) при всех его маневрах в нормальных и аварийных ситуациях и состоянии моря. Система управления и защиты должна в максимальной практически возможной степени исключать эксплуатационные ограничения для атомного судна (плавучего сооружения), не применяемые для судов подобных размерений с энергетической установкой обычного типа аналогичной мощности.

**19.4** Система управления реактором должна получать сигналы от датчиков параметров, измеренных по разным каналам, включая нейтронный поток.

Измерение параметров, важных для управления реактором, не должно быть ограничено одним каналом.

**19.5** Система управления и защиты реактора должна обеспечивать возможность ее проверки в эксплуатации без снижения безопасности.

**19.6** Конструкция органов регулирования реактора должна предусматривать возможность автоматического и дистанционного управления реактором.

**19.7** Должны быть предусмотрены средства для контроля исправности действия каждого канала системы управления и защиты реактора и обнаружения отказавших элементов.

**19.8** Для определения неисправностей или аварий реактора должны контролироваться, по крайней мере, два различных по своей природе параметра, характеризующих рабочий процесс. Если это нецелесообразно или неосуществимо, должно быть предусмотрено дополнительное резервирование в канале контроля одного из переменных параметров.

**19.9** Приборы системы защиты реактора, требующиеся для контроля в условиях КСЗ и КС4, должны быть работоспособны в таких условиях.

**19.10** При отказе или повреждении канала системы управления и защиты реактора должен подаваться световой сигнал.

**19.11 Основные проектные положения для управления реактивностью, которые должны учитываться при проектировании.**

**19.11.1** События, которые могут привести к непреднамеренному увеличению реактивности, должны быть чрезвычайно редкими, как указано в разд. 3 части III «Принципы безопасности», и не должны приводить к ситуациям, создающим опасность для экипажа, населения и окружающей среды большую, чем указано в части XII «Радиационная безопасность».

**19.11.2** Предполагаемые аварийные случаи изменения реактивности не должны приводить к самопроизвольной цепной реакции или к разгерметизации системы теплоносителя первого контура и препятствовать выводу реактора из действия.

**19.11.3** Коэффициент реактивности должен быть отрицательным при работе на мощностях, соответствующих ходовым режимам судна (плавучего сооружения), с учетом проектных значений качки и ускорений судна (плавучего сооружения).

**19.11.4** СУЗ должна обладать способностью автоматически выводить реактор из действия при наклонениях судна (плавучего сооружения) вплоть до угла заката и удерживать реактор в таком состоянии при всех углах. Кроме того, СУЗ должна автоматически срабатывать, если судно (плавучее сооружение) тонет, или статический крен достигнет 45°, или его дифферент достигнет 10°.

При меньших углах статического крена или дифферента автоматического срабатывания СУЗ для вывода реактора из действия происходить не должно.

**19.12** СУЗ должна отвечать следующим требованиям.

**19.12.1** Система должна иметь в своем составе, по крайней мере, две независимые надежные подсистемы управления реактивностью, разные по конструкции.

**19.12.2** Одна из подсистем должна быть механической, а также:

**.1** быть способной автоматически переводить в подкритическое состояние активную зону и поддерживать ее в холодном подкритическом состоянии без использования жидкого поглотителя нейтронов в любой период кампании активной зоны, считая, что рабочий орган СУЗ с наибольшей эффективностью извлечен из зоны и не может быть введен обратно;

**.2** быть способной надежно управлять изменениями реактивности и исключать превышение проектных ограничений по топливным характеристикам активной зоны при любом эксплуатационном и аварийном проектном состоянии;

**.3** содержать устройства для предотвращения непреднамеренных перемещений любого рабочего органа СУЗ;

**.4** исправно работать при отказе одного из резервированных каналов, формирующих сигналы на срабатывание аварийной защиты, включая измерительную часть;

**.5** по получении аварийного сигнала быть способной снижать мощность реактора со скоростью, исключающей превышение любых ограничений проектных характеристик;

**.6** обеспечивать показания положений каждого поглощающего нейтроны элемента на пульте управления реактором;

**.7** быть спроектирована так, чтобы уменьшать до приемлемого уровня вероятность незапланированного непрерывного извлечения рабочего органа СУЗ из активной зоны;

**.8** обладать последовательностью управляющих воздействий на исполнительные органы СУЗ, сводящих к минимуму вероятность ошибки оператора;

**.9** иметь устройства для предотвращения вывода рабочих органов СУЗ из активной зоны непредусмотренными группами или в непредусмотренной последовательности.

**19.12.3** Другая подсистема управления реактивностью должна быть одна способна переводить и поддерживать активную зону реактора в подкритическом состоянии.

**19.12.4** Каждая подсистема управления реактивностью должна быть полностью работоспособной при всех проектных наклонениях судна (плавучего сооружения) и обеспечивать возможность функциональных проверок, периодических тарировок приборов во всем измеряемом диапазоне мощности реактора и проверок исправного функционирования приборов.

**19.12.5** Рабочие органы СУЗ, введенные в активную зону, должны быть способны удерживать активную зону в подкритическом состоянии с достаточным запасом в течение всей кампании и после выработки энергоресурса активной зоны, включая периоды технического обслуживания, перегрузки топлива, аварийные состояния реактора и судна (плавучего сооружения), в том числе опрокидывание и затопление.

**19.12.6** Реактор должен сохранять работоспособность на уровнях мощности, достаточных для управляемости судна или самоходного плавучего сооружения в условиях КС1 в течение установленного энергоресурса активной зоны на случай зависания в активной зоне при энергетическом уровне мощности элемента управления с наибольшей эффективностью и невозможности его вывода из активной зоны, за исключением случаев пребывания активной зоны в йодной яме.

**19.12.7** Средства управления реактивностью должны быть спроектированы так, чтобы обеспечивались управление из ЦПУ и возможность перевода и поддержания активной зоны в подкритическом состоянии с поста аварийного расхолаживания.

**19.13** Для предотвращения незапланированных изменений реактивности вследствие изменения плотности замедлителя должны быть предусмотрены средства для определения и управления произвольными колебаниями и изменениями мощности в пределах активной зоны реактора, если расчетом не доказано, что такие колебания минимальны и не приводят с приемлемыми запасами к появлению условий, при которых могут быть превышены ограничения по расчетным характеристикам.

**19.14** При классе состояния КС2 система управления и защиты должна обеспечивать ввод реактора в действие после его кратковременного вывода из действия в обусловленное время для обеспечения возможности управляемости судна или самоходного плавучего сооружения без снижения безопасности.

**19.15** Отказ любого элемента управления не должен препятствовать безопасной остановке реактора.

**19.16** Размещение системы управления и защиты должно обеспечивать полное управление и контроль реактора при классах состояний КС1, КС2 и КС3 из ЦПУ, а также вывод реактора из действия и контроль его состояния с ходового мостика или с поста управления аварийным расхолаживанием.

**19.17** Должен быть предусмотрен пост управления аварийным расхолаживанием реактора, расположенный в отдалении от ЦПУ и обеспечивающий:

**.1** независимый вывод реактора из действия. Допускается вывод реактора из действия также с другого поста, где имеется постоянная вахта;

**.2** возможность независимого последующего расхолаживания реактора;

**.3** контроль состояния реактора и первого контура и поддержание реактора в холодном состоянии, а также сигнализацию о положении органов управления реактивностью.

**19.18** В системе управления должны быть предусмотрены технические меры для предотвращения последствий неправильных действий оператора.

**19.19** В тех случаях, когда конструкцией предусматриваются блокировки на срабатывание аварийной защиты, блокировки должны быть отчетливо показаны на посту управления реактором. Как правило, СУЗ не должна требовать блокировки на срабатывание аварийной защиты.

**19.20** Приводы СУЗ должны иметь ручное управление непосредственно с места их установки в дополнение к автоматическому и дистанционному. Должно быть четко обозначено направление вращения рукоятки ручного управления и соответствующее ему направление перемещения рабочих органов СУЗ.

## 20 СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ

**20.1** Для непрерывного дистанционного и местного контроля за работой систем и оборудования должна быть предусмотрена система теплотехнического контроля и сигнализации, включая контроль давлений, температур, уровней жидкости и расходов.

Контроль работы систем должен осуществляться с местных и центральных постов с использованием приборов и средств световой и звуковой сигнализации. Объем сигнализации, индикации и защиты указан в табл. 3.1 части XI «Автоматизация».

**20.2** В составе ППУ должна быть предусмотрена контрольно-измерительная аппаратура, обеспечивающая надежное измерение параметров, характеризующих рабочие условия и контроль за работой установки.

**20.3** Наиболее важные параметры ППУ, существенные для работы установки или для объяснения неисправностей (такие, как уровень мощности реактора, давление и температура первого контура, уровень в компенсаторах давления), должны автоматически регистрироваться соответствующими устройствами с указанием времени.

**20.4** Контрольно-измерительная аппаратура СУЗ должна обеспечивать непрерывное измерение нейтронного потока (включая период пуска реактора) от минимально контролируемого уровня до максимального проектного уровня мощности реактора.

**20.5** Насколько это практически целесообразно, измерительные приборы системы управления и защиты реактора должны резервироваться и должны быть отделены от измерительной аппаратуры, предназначенной для измерения параметров и контроля работы систем.

**20.6** Аппаратура контроля должна быть работоспособна в предельных условиях судовых помещений и рабочей среды.

**20.7** Размещение и дублирование приборов, кабелей и оборудования должно обеспечивать работоспособность измерительных приборов системы защиты реактора при авариях реактора или судна (плавучего сооружения).

**20.8** На показывающих приборах должны быть указаны предельные значения и нормальный рабочий диапазон.

**20.9** Каналы измерений, предназначенные для замеров важных параметров и замеров по относящемуся к безопасности оборудованию, должны быть оборудованы автоматическим самоконтролем.

**20.10** Должны быть предусмотрены, где это необходимо, звуковая и световая сигнализации как при превышении пороговых значений параметров работающей ППУ, так и при неисправностях измерительного канала прибора.

**20.11** Конструкция измерительной аппаратуры должна обеспечивать быструю и однозначную оценку состояния установки. Должны использоваться средства обобщенного представления информации и прогнозирования, а также звуковые и световые сигналы, если они могут способствовать улучшению эксплуатации и повышению безопасности.

## 21 ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ

**21.1** ППУ и ее оборудование подлежат техническому наблюдению Регистра на стадиях проектирования, изготовления и испытаний, а также на стадиях постройки и испытаний, в процессе эксплуатации и ремонта судна (плавучего сооружения).

**21.2** Объем, периодичность проводимых Регистром освидетельствований и порядок выдачи документов Регистра изложены в части I «Классификация» Правил РС, Правилах классификационных освидетельствований судов в эксплуатации и настоящих Правилах, а также в Руководстве по техническому наблюдению за судами в эксплуатации, Руководстве по техническому наблюдению за постройкой атомных судов и плавучих сооружений, судов атомно-технологического обслуживания, изготовлением материалов и изделий.

# ЧАСТЬ IX. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

## 1 ОБЪЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

**1.1** Настоящая часть содержит требования к специальным системам атомных судов и плавучих сооружений. В отношении всего, не указанного в настоящей части, системы должны отвечать требованиям части VIII «Системы и трубопроводы» Правил РС.

**1.2** Техническому наблюдению Регистра подлежат следующие специальные системы:

**.1** осушения контролируемой зоны;

**.2** сжатого воздуха и гидравлические, обслуживающие ППУ;

**.3** снижения давления в защитной оболочке;

**.4** специальной вентиляции.

## 2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**2.1** Трубопроводы, выходящие за пределы защитной оболочки, которые содержат или могут содержать радиоактивные вещества, должны быть оборудованы двойными отсечными клапанами и устройствами для обнаружения протечек. В трубопроводах внутренним диаметром более 15 мм один из отсечных клапанов должен иметь дистанционное управление и в необходимых случаях автоматически срабатывать.

**2.2** Как правило, не должно быть соединений между обычными судовыми системами и системами, которые содержат или могут содержать радиоактивные вещества. Если такие соединения неизбежны, они должны быть оборудованы двойными отсечными клапанами, и должно быть предусмотрено осушение участка трубопровода между клапанами.

**2.3** В системах, транспортирующих радиоактивные среды, должно применяться бессальниковое оборудование и арматура с сильфонным уплотнением.

## 3 СИСТЕМА СПЕЦИАЛЬНОГО ОСУШЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЗОНЫ

**3.1** Система специального осушения контролируемой зоны должна быть выполнена так, чтобы предотвращалось распространение радиоактивных жидкостей.

**3.2** Система специального осушения контролируемой зоны должна быть независима от судовой осушительной системы. Система должна быть рассчитана на работу при классах состояний КС1 – КС4. Осушение помещений должно осуществляться в специальные емкости – монжюсы.

**3.3** Трубопроводы системы специального осушения контролируемой зоны должны изготавливаться из бесшовных труб. Все соединения таких трубопроводов должны быть сварными. Фланцевые и штуцерные соединения допускаются только при невозможности применения сварки по специальному разрешению Регистра.

**3.4** Трубопроводы должны изготавливаться из коррозионно-стойких материалов.

**3.5** Насосы и трубопроводы при необходимости должны иметь биологическую защиту.

**3.6** Шпигаты в помещениях контролируемой зоны должны иметь сетку (решетку).

## 4 СИСТЕМЫ СЖАТОГО ВОЗДУХА И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ОБСЛУЖИВАЮЩИЕ РЕАКТОР

**4.1** Системы сжатого воздуха, обслуживающие ответственное вспомогательное оборудование ППУ или используемые для целей управления, должны обеспечиваться воздухом от двух независимых компрессоров, каждый из которых способен обеспечить работу системы.

**4.2** В каждой системе сжатого воздуха, являющейся частью системы безопасности реактора, должно быть, по крайней мере, два раздельных воздушных баллона, каждый вместимостью, необходимой для обеспечения потребностей системы.

**4.3** Сжатый воздух должен очищаться и осушаться, а его температура должна поддерживаться на установленном уровне.

**4.4** Требования 4.1 и 4.2 применяются также к насосам и пневмогидроаккумуляторам и к гидравлическим системам в целом, обслуживающим ответственное вспомогательное оборудование.

## 5 СИСТЕМА СНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКЕ

**5.1** Если предусмотрена система снижения давления в защитной оболочке при аварийном выбросе теплоносителя из первого контура, она должна сохранять работоспособность при выходе из строя основных электрических генераторов.

**5.2** Система должна находиться в постоянной готовности и автоматически включаться при повышении давления в защитной оболочке выше установленного предела.

При достаточном обосновании может быть допущено дистанционное включение системы.

**5.3** Если для снижения давления применяются спринклерные системы, они должны быть устроены по принципу гидрофора, за исключением слу-

чая, когда будет доказано, что с учетом критерия единичного отказа система вводится в действие за время, в течение которого давление в защитной оболочке не достигает критических значений.

**5.4** После монтажа на судне (плавучем сооружении) система снижения давления и ее элементы должны быть испытаны в действии.

**5.5** Конструкция системы снижения давления должна допускать возможность периодических освидетельствований и испытаний в действии при эксплуатации судна (плавучего сооружения).

**5.6** Элементы системы снижения давления (расширительные емкости, барботажные камеры и т. д.) могут располагаться в помещениях, подключаемых к защитной оболочке при условии, что эти помещения будут эквивалентны оболочке как защита от распространения радиоактивных веществ.

**5.7** На систему снижения давления распространяются также требования 5.3 и 10.7 части VIII «Атомные паропроизводящие установки».

## 6 СИСТЕМА СПЕЦИАЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

**6.1** Системы вентиляции контролируемой и наблюдаемой зон должны быть изолированы одна от другой, а также от всех прочих систем вентиляции на судне (плавучем сооружении).

**6.2** В помещениях контролируемой зоны, где при классах состояний КС1 и КС2 имеются радиоактивные загрязнения, должно поддерживаться пониженное давление даже тогда, когда открыт один вход.

Должен быть обеспечен направленный поток воздуха из помещений с меньшей вероятностью радиоактивного загрязнения в помещения с большей его вероятностью.

**6.3** Конструкция системы вентиляции защитной оболочки должна обеспечивать возможность работы по замкнутому и открытому циклам.

**6.4** Система вентиляции защитной оболочки должна быть оборудована автоматическими отсечными клапанами для быстрого перекрывания воздушных каналов в аварийных состояниях (КС2, КС3 и КС4).

**6.5** Выброс воздуха из защитной оболочки должен осуществляться по каналам, оборудованным средствами контроля радиоактивности и предупредительной сигнализацией.

**6.6** Для вентиляции защитной оболочки в атмосферу после КС3 и КС4 должны быть предусмотрены специальные фильтры, обеспечивающие требуемую степень очистки воздуха.

**6.7** Выброс воздуха из помещений контролируемой зоны должен осуществляться через специальную мачту.

**6.8** Места забора воздуха приточной вентиляции судовых помещений должны выбираться так, чтобы исключался забор выброшенных радиоактивных газов.

**6.9** Вытяжные и приточные вентиляционные установки помещений, где имеются или могут появляться радиоактивные загрязнения, должны размещаться в изолированных выгородках.

**6.10** Должно быть предусмотрено резервирование вентиляционного оборудования помещений контролируемой зоны. Один из резервных вентиляторов должен автоматически запускаться при отказе работающих вентиляторов.

# ЧАСТЬ X. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1 Область распространения.**

Электрическое оборудование атомных судов и плавучих сооружений должно в полной мере отвечать всем требованиям части XI «Электрическое оборудование» Правил РС и требованиям настоящей части.

**1.2 Определения и пояснения.**

В настоящей части приняты следующие определения.

Аварийная электрическая система судна (плавучего сооружения) – электрическая система, состоящая из аварийных генераторов, аварийных распределительных щитов, независимая от основной электрической системы и предназначенная для обеспечения электрической энергией потребителей, важных для безопасности ППУ и судна (плавучего сооружения) в целом, когда основные и резервные источники электрической энергии не работают.

Аварийные источники электрической энергии – электрические генераторы, предназначенные для обеспечения электрической энергией ответственных судовых потребителей при отсутствии напряжения на главных распределительных щитах.

Единая электроэнергетическая система – система, состоящая из главных, основных, резервных генераторов с их приводными двигателями, трансформаторов, преобразователей, распределительных устройств с силовой сетью, предназначенная для обеспечения электрической энергией приводов гребных винтов и всех судовых потребителей.

Основная электрическая система – система, состоящая из основных и резервных источников электрической энергии и главных распределительных щитов, предназначенных для обеспечения электрической энергией как потребителей ППУ, так и всех судовых потребителей.

Основные источники электрической энергии – источники электрической энергии, необходимые для поддержания судна (плавучего сооружения) в нормальном эксплуатационном состоянии и нормальных условиях обитаемости при работающей ППУ без использования резервных или аварийных генераторов.

Переходные источники электрической энергии – источники, которые обеспечивают непрерывную подачу электрической энергии к определенным потребителям, когда все другие источники электрической энергии не работают.

Резервные источники электрической энергии – электрические генераторы, независимые от ППУ и предназначенные при отказах

ППУ (или в нештатных ситуациях) для замены неработающих основных источников электрической энергии и снабжения электрической энергией потребителей, обеспечивающих безопасность судна (плавучего сооружения) и приведение его в нормальное эксплуатационное состояние при минимальных условиях обитаемости, а также для плановых пусков и расхолаживаний ППУ, без использования аварийных генераторов.

Судовая электрическая станция – комплекс из первичных двигателей, электрических генераторов с главным распределительным щитом, предназначенный для обеспечения электрической энергией всех судовых потребителей в любом режиме работы судовой электроэнергетической системы.

**1.3 Объем технического наблюдения.**

В дополнение к оборудованию, перечисленному в части XI «Электрическое оборудование» Правил РС, техническому наблюдению подлежит электрическое оборудование устройств и систем, обслуживающих ППУ.

**1.4 Техническая документация.**

Требования к технической документации изложены в части II «Классификация».

## 2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**2.1** Электрическая установка судна (плавучего сооружения) должна состоять из основной и аварийной электрических систем.

**2.2** Электрическая установка в целом при отключенных генераторах, зависящих от ППУ, должна быть способна обеспечить электроэнергией системы, необходимые для вывода реактора из действия и поддержания его в безопасном состоянии по крайней мере в течение 30 суток при любых классах состояния, включая КС4, с учетом единичного отказа в электрической системе в дополнение к начальному событию, которое вызвало класс состояния.

**2.3** При вводе реактора в действие и выводе его из работы для систем управления и защиты реактора и систем безопасности должно быть обеспечено электроснабжение не менее чем от двух независимых источников электрической энергии.

**2.4** Резервные и аварийные генераторы, в случае выхода из строя одного из них, должны обеспечить электрической энергией потребителей, необходимых для пуска ППУ из расхоложенного (или «горячего») состояния и поддержания минимальных условий обитаемости. Аварийные генераторы могут использоваться для пуска ППУ, если их мощность при этом достаточна, и для обеспечения электрической энергией потребителей, важных для безопасности судна или плавучего сооружения.

**2.5** Во всех эксплуатационных и переходных режимах основная электрическая система должна обеспечивать надежное электроснабжение потре-

бителей ППУ и всех ответственных судовых потребителей не менее чем от двух электрических станций.

**2.6** Конструкция электрической установки должна позволять производство периодических проверок и испытаний оборудования, важного для безопасности ППУ и судна (плавучего сооружения).

**2.7** В соответствии с табл. 2.1 части VII «Механические установки» электрическое оборудование механизмов и систем, важных для безопасности ППУ, должно безотказно работать при длительном крене до 30°, бортовой качке до 45° и дифференте до 10°.

## 3 ОСНОВНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

**3.1** Основная электрическая система должна быть выполнена с учетом следующего.

**3.1.1** При отказе единичного компонента любого основного генератора, его приводного двигателя и связанных с ним вспомогательных механизмов не должно происходить остановки реактора и потери маневренности судна или самоходного плавучего сооружения. Одновременно должна быть предусмотрена возможность быстрого восстановления необходимой электрической мощности для поддержания судна (плавучего сооружения) в нормальном эксплуатационном состоянии и в нормальных условиях обитаемости.

**3.1.2** При отказе единичного компонента в распределительных устройствах основной электрической системы не должно происходить остановки реактора и потери маневренности судна (плавучего сооружения).

**3.2** В составе основной электрической системы должно быть предусмотрено не менее:

двух основных генераторов,

двух резервных генераторов и

двух главных распределительных щитов.

**3.3** Основная электрическая система должна состоять не менее чем из двух отдельных электрических станций, выполненных так, чтобы при классе состояния КС1 или КС2 выход из строя одной электрической станции не влиял на работу другой.

**3.4** Каждая электрическая станция основной электроэнергетической системы должна состоять из основного (-ных), резервного (-ных) генератора (-ров) и главного распределительного щита.

**3.5** Электроснабжение механизмов и систем работающей ППУ должно быть обеспечено не менее чем от двух электрических станций.

**3.6** Суммарная мощность работающих основных генераторов каждой электрической станции основной электрической системы должна быть достаточной для полного обеспечения электрической энергией всех потре-

бителей, необходимых для поддержания судна (плавучего сооружения) в нормальном эксплуатационном состоянии и нормальных условиях обитаемости.

**3.7** При исчезновении напряжения на шинах любого главного распределительного щита резервные генераторы должны автоматически запускаться и принимать нагрузку в течение времени, необходимого для обеспечения безопасной работы ППУ.

**3.8** Должна быть предусмотрена параллельная работа резервных генераторов с основными генераторами, по крайней мере, на время, необходимое для перевода нагрузки.

**3.9** Суммарная мощность резервных и оставшихся в работе основных генераторов должна быть достаточной для обеспечения электрической энергией потребителей, необходимых для поддержания судна (плавучего сооружения) в нормальном эксплуатационном состоянии и обеспечивать нормальные условия обитаемости. При этом допускается отключение потребителей, несущественных для безопасности судна или плавучего сооружения.

**3.10** Мощность резервных генераторов должна быть достаточной для снабжения электрической энергией в нештатных ситуациях потребителей, обеспечивающих безопасность судна (плавучего сооружения), приведение его в нормальное эксплуатационное состояние при минимальных условиях обитаемости, а также плановых пусков или расхолаживаний ППУ.

**3.11** Допускается применение в судовой электроэнергетической системе перемычки между шинами главных распределительных щитов с соответствующей коммутационной аппаратурой.

**3.12** Органы управления и измерительные приборы, вынесенные в ЦПУ, должны быть размещены в пультах и панелях так, чтобы любое повреждение их не выводило из строя дистанционное управление и контроль более чем одной электрической станции.

**3.13** Ответственные потребители электрической энергии, установленные в двойном и более количестве, при условии их взаимного резервирования и автоматического подключения резервных потребителей в случае выхода из строя работающих, должны быть раздельно подключены к разным главным распределительным щитам как по питанию, так и по управлению соответственно.

**3.14** Электроснабжение потребителей ППУ должно осуществляться от специальных распределительных щитов ППУ, получающих питание от главных распределительных щитов и аварийного распределительного щита. Может быть допущено непосредственное электроснабжение потребителей ППУ от главных распределительных щитов.

**3.15** Каждый главный распределительный щит основной электрической системы должен быть размещен в отдельном помещении.

Отдельными считаются помещения, отделенные друг от друга водонепроницаемыми противопожарными конструкциями.

**3.16** При условии выполнения требований 3.15 допускается размещение основных генераторов электрических станций в одном общем машинном помещении.

**3.17** Если основные генераторы размещены в одном общем машинном помещении, резервные генераторы должны быть размещены в других отдельных помещениях.

## 4 АВАРИЙНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

**4.1** Аварийная электрическая система и независимые от ППУ генераторы, обеспечивающие аварийное энергоснабжение, а также аварийные распределительные системы должны выполнять свои функции безопасности с учетом принципа единичного отказа в условиях КС1 – КС4 (см. также 2.2).

**4.2** В дополнение к требованиям разд. 9 части XI «Электрическое оборудование» Правил РС мощность аварийной электрической системы должна быть достаточной для обеспечения остановки реактора с переводом в холодное подкритическое состояние и питания потребителей, предназначенных для выполнения функций безопасности реактора.

**4.3** В составе аварийной электрической системы должно быть предусмотрено не менее двух аварийных генераторов и двух независимых друг от друга аварийных систем распределения электрической энергии. Допускается предусматривать раздельные аварийные системы распределения электроэнергии со своими аварийными генераторами для потребителей ППУ и потребителей, получающих питание согласно требованиям разд. 9 части XI «Электрическое оборудование» Правил РС. В этом случае для питания потребителей ППУ должно предусматриваться не менее двух аварийных генераторов с системами распределения и один аварийный генератор с независимой системой распределения для питания потребителей в соответствии с требованиями разд. 9 части XI «Электрическое оборудование» Правил РС.

**4.4** Каждый аварийный генератор должен подключаться только к своему аварийному распределительному щиту.

**4.5** Аварийные распределительные щиты должны получать питание от каждого главного распределительного щита. Если аварийные распределительные щиты используются для подвода питания к потребителям только в аварийных режимах (от аварийных генераторов), то допускается не подключать их к главным распределительным щитам.

**4.6** Потребители, обеспечивающие системы безопасности, должны получать питание по двум фидерам от аварийных распределенных щитов. Если в системе предусмотрено полное функциональное резервирование механиз-

мов, то допускается подача питания по одному фидеру при условии подачи питания на резервный механизм от другого аварийного распределительного щита и при соблюдении требований, указанных в 4.1.

**4.7** Каждый аварийный генератор должен автоматически запускаться по сигналу об исчезновении напряжения на связанной с ним шине ГРЩ и по сигналу срабатывания аварийной защиты реактора. При организации раздельных систем аварийного питания для потребителей ППУ и потребителей, указанных в разд. 9 части XI «Электрическое оборудование» Правил РС (см. 4.3), каждый аварийный генератор должен автоматически запускаться по сигналу об исчезновении напряжения на связанных с ним шинах ГРЩ и по сигналу срабатывания аварийной защиты реактора.

Аварийное питание должно иметь возможность независимого запуска из ЦПУ, аварийного поста управления и с места расположения аварийного генератора.

Аварии в любом из этих пространств (исключая помещение аварийного генератора) не должны препятствовать запуску и управлению аварийного генератора с аварийного распределительного щита.

**4.8** Питание пульта аварийного расхолаживания ППУ при исчезновении питания от основных и аварийных источников должно осуществляться от переходного источника электрической энергии. Переключение с основного питания на аварийное и далее на переходной источник электрической энергии должно осуществляться автоматически.

**4.9** Аварийная электрическая система должна принимать нагрузку в течение короткого времени, определяемого условиями безопасности реактора.

**4.10** Аварийная электрическая система должна быть такого исполнения, чтобы не требовалась прямая синхронизация источников электрической энергии в аварийных условиях.

**4.11** Измерительные приборы для каждого аварийного генератора, установленные на аварийном распределительном щите, должны быть дублированы в ЦПУ.

## 5 ПЕРЕХОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**5.1** Должно быть предусмотрено не менее двух независимых друг от друга переходных источников электрической энергии.

**5.2** Приборы измерения параметров ППУ, радиационного контроля и другие важные для безопасности судна (плавучего сооружения) приборы измерения и индикации должны, по согласованию с Регистром, получать питание от каждого переходного источника электрической энергии в течение 30 мин.

**5.3** Переходные источники электрической энергии могут не требоваться, если будет доказано, что потребители, указанные в 5.2, имеют непрерывное

электроснабжение с учетом принципа единичного отказа в любых условиях, включая КС4.

**5.4** Переходные источники электрической энергии должны быть разделены и установлены так, чтобы в условиях КС1 – КС4 выходил из строя не более чем один переходный источник электроэнергии.

**5.5** Аккумуляторные батареи, используемые исключительно для ППУ как переходные источники, могут быть расположены ниже палубы переборок.

**5.6** Должно быть предусмотрено зарядное устройство достаточной мощности для зарядки аккумуляторной батареи с полностью разряженного состояния до полного заряда в течение не более 6 ч.

**5.7** В помещении ЦПУ должны быть предусмотрены обобщенный световой сигнал (некритический) разряда аккумуляторных батарей и цифровой контроль величины тока разряда аккумуляторных батарей по вызову оператора.

## 6 ОСВЕЩЕНИЕ

**6.1 Основное освещение.**

**6.1.1** В каждом помещении контролируемой зоны, важном для безопасности ППУ, должно быть предусмотрено не менее двух светильников основного освещения.

**6.1.2** Светильники основного освещения помещения контролируемой зоны должны получать питание от специальных распределительных щитов, предназначенных только для контролируемой зоны.

**6.1.3** Распределительные щиты основного освещения, указанные в 6.1.2, должны получать питание по отдельным фидерам от разных главных распределительных щитов.

**6.1.4** В сети основного освещения помещений контролируемой зоны должна быть предусмотрена система дистанционного включения и отключения распределительных щитов с соответствующей сигнализацией на посту управления в ЦПУ.

**6.1.5** Выключатели светильников основного освещения отдельных помещений или группы помещений контролируемой зоны должны быть установлены вне этих помещений.

**6.1.6** В помещениях контролируемой зоны вся осветительная арматура должна иметь исполнение не ниже IP55.

**6.2 Аварийное освещение.**

**6.2.1** Установка светильников аварийного освещения должна быть предусмотрена в следующих помещениях:

**.1** ЦПУ;

**.2** поста аварийного расхолаживания реактора;

**.3** во всех посещаемых помещениях контролируемой зоны и важных для безопасности ППУ;

**.4** поста радиационного контроля (если он расположен отдельно);

**.5** специальных распределительных щитов ППУ, если они имеются;

**.6** хранилищ новых и отработавших тепловыделяющих сборок.

## 7 ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ И КОНТРОЛЯ ППУ, СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

**7.1** Системы автоматики и контроля, обеспечивающие работу систем безопасности и системы радиационного контроля, должны получать питание от главных и аварийных распределительных щитов. Переключение питания на аварийные источники питания должно осуществляться автоматически.

Перечень приборов автоматики и контроля, питаемых от переходных источников электрической энергии, должен быть одобрен Регистром.

## 8 ПИТАНИЕ ОТ ВНЕШНЕГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**8.1** Должен быть предусмотрен щит питания от внешнего источника электрической энергии.

**8.2** Должна быть предусмотрена возможность подачи питания от щита, указанного в 8.1, на каждый главный распределительный щит.

**8.3** Конструкция щита питания от внешнего источника должна отвечать требованиям части XI «Электрическое оборудование» Правил РС.

## 9 КАБЕЛЬНАЯ СЕТЬ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЗОНЫ

**9.1** Количество проходов кабелей через защитную оболочку и защитное ограждение должно быть сведено к минимуму.

**9.2** Устройства уплотнения проходов кабелей не должны снижать требований к герметичности помещений в отношении протечек, пожаростойкости переборок и влиять на возможность осмотров и испытаний.

**9.3** Ввод кабелей должен производиться через устройства уплотнения проходов кабелей, установленные с внешней стороны таких помещений. С внутренней стороны помещений свободное от кабеля пространство этих уплотнительных устройств на толщину защиты должно быть заполнено кабельной массой.

**9.4** Применение электрокабелей с наружным металлическим экраном не допускается.

**9.5** Для прокладки кабелей не должны применяться перфорированные панели и мосты.

**9.6** Кабели должны быть проложены по кратчайшим путям.

**9.7** Кабели должны прокладываться от плоскостей переборок, палуб, набора и других корпусных конструкций на расстоянии, обеспечивающем возможность проведения дезактивации.

**9.8** Кабели, проходящие через защитную оболочку, должны обладать продольной герметичностью, или их ввод должен осуществляться специальными проходными разъемами или другими устройствами, обеспечивающими герметичность защитной оболочки. Методы и нормы испытаний кабелей на продольную герметичность и аварийные воздействия должны отвечать требованиям нормативно-технической документации, одобренной Регистром.

Прокладка транзитных кабелей через защитную оболочку может быть допущена только в особых случаях при невозможности обойти это помещение и при условии их прокладки в стальных герметичных трубах, что в каждом случае является предметом специального рассмотрения Регистром.

**9.9** Конструкция уплотнений проходов кабелей через защитную оболочку должна позволять проводить контроль ее герметичности в процессе монтажа и в эксплуатации и обеспечивать герметичность защитной оболочки в условиях, предусмотренных проектом аварий. После эксплуатационных воздействий, аварийных режимов и пожаров величина утечки воздуха не должна превышать 0,5 л/ч через один групповой проход кабелей при испытании его абсолютным давлением 0,5 МПа.

Для получения одобрения Регистра на применение кабелей и устройств уплотнения проходов кабелей через защитную оболочку их образцы должны быть испытаны на продольную герметичность на параметры максимальной проектной аварии (МПА) в соответствии с методами, изложенными в Руководстве по техническому наблюдению за постройкой атомных судов и плавучих сооружений, судов атомно-технологического обслуживания, изготовлением материалов и изделий.

**9.10** Кабели к резервированным системам безопасности, щитам и потребителям должны прокладываться отдельно от основных трасс и быть надлежащим образом защищены.

**9.11** При однофазном переменном токе запрещается применение однопроводной системы с использованием корпуса судна в качестве обратного провода.

**9.12** Кабели и электрическое оборудование, которые должны оставаться в рабочем состоянии и после предусмотренных проектом аварий, должны выдерживать условия окружающей среды (давление, температуру, влажность и т. д.), связанные с этими авариями.

**9.13** Все кабели, идущие от переходных источников электрической энергии (если они имеются) к их собственным распределительным щитам и отходящие от распределительных щитов к потребителям, должны быть разне-

сены как можно дальше друг от друга и от трасс кабелей основных и аварийных систем распределения.

**9.14** Местные кабели, подключенные к оборудованию, демонтируемому при перегрузках активных зон, должны иметь маркировку.

**9.15** Аппаратура управления электродвигателями, расположенными в контролируемой зоне, должна быть установлена вне этой зоны. Допускается установка пусковых кнопок.

## 10 ВНУТРЕННЯЯ СВЯЗЬ

**10.1** Даже при полном отсутствии на судне (плавучем сооружении) электроснабжения должна быть обеспечена надежная связь ЦПУ со следующими помещениями:

**.1** ходовой рубки;

**.2** поста управления аварийным расхолаживанием реактора;

**.3** главной машины;

**.4** основных генераторов;

**.5** резервных генераторов;

**.6** аварийных генераторов;

**.7** посещаемыми помещениями контролируемой зоны, важными для безопасности ППУ;

**.8** помещениями хранилищ тепловыделяющих сборок.

## 11 ПРОВЕРКИ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**11.1** Должна быть предусмотрена возможность испытаний резервных и аварийных генераторов. Испытания должны включать проверку автоматического, дистанционного пуска и пуска с местного поста управления, а также контроля времени запуска и принятия 100 %-ной нагрузки. При этом должны быть проверены в действии регуляторы частоты вращения первичных двигателей.

**11.2** Методика периодических испытаний переходного источника электрической энергии (если он предусмотрен) на функционирование должна быть одобрена Регистром.

# ЧАСТЬ XI. АВТОМАТИЗАЦИЯ

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1 Область распространения.**

Настоящая часть содержит требования к оборудованию автоматизации атомных судов и плавучих сооружений. В отношении всего, не указанного в настоящей части, оборудование автоматизации должно в полной мере отвечать требованиям части XV «Автоматизация» Правил РС.

**1.2 Объем технического наблюдения.**

В дополнение к системам автоматизации, указанным в части XV «Автоматизация» Правил РС, техническому наблюдению на атомном судне и плавучем сооружении подлежат системы управления, защиты, АПС и индикации, необходимые для работы ППУ и систем безопасности.

**1.3 Техническая документация.**

Требования к технической документации изложены в части II «Классификация».

## 2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

**2.1** Помимо требований к элементам и устройствам систем автоматизации, изложенных в части XV «Автоматизация» Правил РС, системы управления, контроля и защиты АЭУ должны также отвечать требованиям разд. 19 и 20 части VIII «Атомные паропроизводящие установки», насколько они применимы.

**2.2** Для систем автоматизации, резервированных в соответствии с принципом единичного отказа, допускается использование общих датчиков в каналах защиты, управления, контроля, АПС и индикации при условии, что неисправность в каналах управления, контроля, АПС и сигнализации не влияет на работоспособность системы защиты.

**2.3** Кратковременное (до 1 с) исчезновение питания в системах не должно нарушать работу каналов защиты и управления и приводить к ложным срабатываниям.

**2.4** Перечень оборудования ППУ, подлежащего управлению и контролю из ЦПУ, а также объем автоматизации и контролируемых параметров должны быть обоснованы в проекте.

**2.5** Системы автоматизации, необходимые для работы систем, указанных в 10.7 части VIII «Атомные паропроизводящие установки», должны быть резервированы и отвечать принципу единичного отказа (см. разд. 7 части III «Принципы безопасности»).

**2.6** В многоканальных системах автоматизации каналы должны быть гальванически независимыми.

**2.7** Системы, указанные в 2.5, должны иметь светозвуковую сигнализацию о нарушении комплектности, если это необходимо.

**2.8** Системы управления, защиты и контроля ППУ должны обеспечивать возможность дистанционного включения систем безопасности.

**2.9** Для каналов управления систем безопасности должен быть установлен приоритет автоматического управления над дистанционным по сигналам о срабатывании защит.

В каждом конкретном случае объем каналов управления, для которых выполнение требований данного пункта необходимо, является предметом специального рассмотрения Регистром.

**2.10** Отказы в системах, указанных в 2.5, должны быть проанализированы с учетом 7.4 части III «Принципы безопасности» в соответствии со следующими аварийными ситуациями:

**.1** отказом функциональных элементов в системе (например, предохранителя, ячейки, модуля и т. п.);

**.2** отказом конструктивных элементов (например, прибора, пульта, щита и т. п.);

**.3** отказом группы конструктивных элементов (например, расположенных в общем помещении).

## 3 СИСТЕМЫ АВАРИЙНО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ (АПС), ИНДИКАЦИИ И ЗАЩИТЫ

**3.1** Перечень параметров АПС, индикации и зашиты ППУ указан в табл. 3.1.

**3.2** На атомном судне или плавучем сооружении должен быть установлен регистратор аварийных параметров (РАП), обеспечивающий регистрацию предаварийных и аварийных значений параметров ППУ. Объем параметров, подлежащих хранению в РАП, является для каждого проекта предметом специального рассмотрения Регистром.

**3.3** Регистратор аварийных параметров должен функционально отвечать требованиям, изложенным в 5.21.2, 5.21.5, 5.21.7, 5.21.8, 5.21.10 части V «Навигационное оборудование» Правил по оборудованию морских судов.

Таблица 3.1

| № п.п. | Контролируемый параметр | Место замера | Пределы отклонения параметра АПС | Защита, остановка или изменение режима | Индикация параметра | | Запись на РАП |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ЦПУ | ПАР | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| **1** | Нейтронная мощность[1] | ИК | ↑ | × | ● | | + |
| **2** | Период удвоения мощности реактора | ИК | ↓ | × | ● | | + |
| **3** | Положение регулирующих стержней | Привод КГ и АЗ | ↓↑ | × | ● | ● | + |
| **4** | Давление в реакторе | I контур | ↓↑ | ■× | ● | ● | + |
| **5** | Уровень в КО | КО | ↓↑ | ▼ | ● | | + |
| **6** | Давление в баллонах и цистернах систем безопасности | На емкости | ↓↑ | ▼■ | ◗ | | + |
| **7** | Температура воды на выходе из реактора | ЯР | ↑ | ▼ | ● | ● | + |
| **8** | Температура воды на входе в реактор | ЯР | ↑ | ▼ | ● | | + |
| **9** | Активность теплоносителя по штатным датчикам РК | I контур | ↑ | ▼ | ◗ | | + |
| **10** | Расход питательной воды | за ПК | ↓ | ▼× | ● | | + |
| **11** | Давление питательной воды | за ПН | ↓ | ▼■ | ◗ | | + |
| **12** | Температура питательной воды | на входе в ПГ | ↓↑ | ▼ | ◗ | | + |
| **13** | Солесодержание питательной воды | до ПН | ↑ | ▼ | ◗ | | + |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **14** | Давление пара | за ПГ | ↓↑ | ▼ | ● | | + |
| **15** | Температура пара | в главном паропроводе | ↓ | ▼ | ● | | + |
| **16** | Активность пара и ПВС | за ПГ и ГК | ↑ | ▼ | ◗ | | + |
| **17** | Обороты ЦНПК | в ЦНПК | ↓ | ▼ | ◗ | ◗ | + |
| **18** | Ток нагрузки ЦНПК | на ЩППУ | ↑ | ▼ | ◗ | | + |
| **19** | Давление в защитной оболочке | в ЗО | ↑ | ▼■ | ◗ | | + |
| **20** | Активность воды III контура | за оборудованием | ↑ | ▼ | ◗ | | + |
| **21** | Состояние насосов и положение арматуры I – IV контуров и систем безопасности | на насосах и арматуре | | | ○ | ○ | + |
| **22** | Перепад давления на насосах РУ и систем безопасности | на насосе | ↓ | ▼■ | ◗ | | + |
| **23** | Уровни воды в цистернах РУ, систем безопасности, деаэраторе и ледовых ящиках | на емкости | ↓ | ▼■ | ◗ | | + |
| **24** | Давление в системе пневмоуправления систем ППУ | в системе | ↓ | ▼■ | ◗ | | + |
| **25** | Индикация наличия питания на щитах ППУ и положения контакторов | на щитах ППУ | | | ○ | | + |
| **26** | Вакуум в ГК | на ГК | ↓ | ▼ | ◗ | | + |

Примечания: 1. Регистрация производится после обработки в СУЗ.
2. Параметры по пунктам 1 – 26 подлежат циклической регистрации при нормальной работе реактора на мощности.

*Продолжение табл. 3.1*

Условные обозначения:

● – дистанционная индикация (постоянная);

◗ – дистанционная индикация (по вызову);

↑ – сигнал АПС при достижении параметром верхнего предельного значения;

↓ – сигнал АПС при достижении параметром нижнего предельного значения;

○ – сигнал АПС;

■ – автоматический пуск резервных насосов;

▼ – изменение режима, снижение нагрузки;

× – остановка ЯР.

# ЧАСТЬ XII. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

## 1 ОБЪЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

**1.1** Техническому наблюдению Регистра подлежат средства защиты от радиоактивных излучений и распространения радиоактивных веществ, системы радиационного контроля, системы сбора, хранения, обработки и удаления радиоактивных отходов с судна (плавучего сооружения), системы дезактивации и санитарной обработки.

**1.2** Техническое наблюдение Регистра осуществляется на стадиях технического проекта и выпуска рабочих чертежей оборудования и систем радиационной безопасности, изготовления оборудования и систем, их монтажа и испытаний при строительстве и испытаниях судна (плавучего сооружения) и в эксплуатации.

**1.3** Техническая документация на оборудование и системы радиационной безопасности, подлежащая техническому наблюдению Регистра, указана в разд. 3 части II «Классификация».

**1.4** Объем технического наблюдения за оборудованием и системами радиационной безопасности при их изготовлении и испытаниях, а также монтаже и испытаниях на судне (плавучем сооружении) указан в Руководстве по техническому наблюдению за постройкой атомных судов и плавучих сооружений, судов атомно-технологического обслуживания, изготовлением материалов и изделий.

**1.5** Объем технического наблюдения за оборудованием и системами радиационной безопасности в эксплуатации указан в табл. 2.2 части II «Классификация».

## 2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

**2.1** В дополнение к указанным в части I «Общие положения» в настоящей части приняты следующие определения и пояснения.

Биологическая защита – специальные конструкции и конструктивные элементы, предназначенные для защиты биологических организмов и окружающей среды от радиоактивных излучений до действующих безопасных норм.

В качестве материалов для биологической защиты применяются стальные сплавы, бетон, свинец, полиэтилен и другие материалы.

Неприемлемый риск – расчетная, минимально возможная вероятность превышения норм безопасного воздействия ионизирующих излучений и радиоактивных загрязнений на экипаж, пассажиров, население и окружающую среду.

Ограниченная часть населения – население, находящееся в районе возможного распространения радиоактивных веществ при тяжелых авариях ППУ или хранящихся на судах или плавучих сооружениях активных зон, отнесенных к классу состояния КС4.

## 3 ЗАЩИТА ОТ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

**3.1** Для обеспечения радиационной безопасности при всех классах состояний ППУ и судна (плавучего сооружения), наряду с защитными барьерами (см. 6.2 части III «Принципы безопасности»), должна быть предусмотрена биологическая защита ППУ, хранилищ радиоактивных отходов, хранилищ тепловыделяющих сборок активных зон и других источников радиоактивных излучений.

Для ограничения облучения наряду с биологической защитой должны использоваться время, расстояние и средства индивидуальной защиты.

**3.2** Члены экипажа, не относящиеся к персоналу, и любые другие лица на борту и вблизи судна (плавучего сооружения) не должны облучаться сверх пределов эквивалентных доз, установленных действующими нормами радиационной безопасности для ограниченной части населения.

**3.3** Должны быть предусмотрены такие средства защиты от излучения, чтобы в условиях КС1, КС2 и КС3 и при остановке реактора ни одно лицо на борту или вблизи судна (плавучего сооружения) не подвергалось облучению за счет проникающей радиации или радиоактивного загрязнения выше соответствующих дозовых пределов, определяемых действующими нормами радиационной безопасности.

**3.4** Основной проектный предел доз облучения для лиц на борту судна (плавучего сооружения) и ограниченной части населения при КС4 не должен превышать удвоенной предельно допустимой дозы, установленной действующими нормами радиационной безопасности для персонала.

**3.5** Биологическая защита в направлении днища атомного судна или плавучего сооружения должна обеспечивать отсутствие негативных воздействий на морскую среду при работе РУ на номинальной мощности. Уровни излучения под днищем судна (плавучего сооружения) при остановленном реакторе должны позволять проведение необходимых доковых работ.

**3.6** Конструкция биологической защиты должна предусматривать возможность проведения ремонтных работ, перегрузку активной зоны реактора, замену оборудования ППУ при минимальном демонтаже защиты, а также возможность освидетельствования оборудования ППУ.

**3.7** На судне и плавучем сооружении должны быть выделены контролируемая и наблюдаемая зоны в соответствии с фактической и потенциальной радиационной опасностью. Для предотвращения переноса загрязнений в свободную зону между контролируемой зоной и смежными помещениями

должен располагаться санпропускник с переодеванием, контролем загрязненности спецодежды и персонала и обмывочным оборудованием. Должна быть предусмотрена возможность организации санпропускного режима для прохода в помещения наблюдаемой зоны при появлении в них радиоактивных загрязнений.

У входа в помещения контролируемой и, при необходимости, наблюдаемой зон должен помещаться предупреждающий знак.

**3.8** Все помещения контролируемой зоны, в которых в процессе нормальной эксплуатации судна (плавучего сооружения) могут иметь место радиоактивные загрязнения, должны располагаться внутри защитного ограждения.

**3.9** Должны быть предусмотрены системы подачи чистого воздуха к пневмокостюмам и пневмошлемам. Для подачи воздуха должны быть предусмотрены две независимые вентиляционные установки, одна из которых резервная. Включение резервной установки должно производиться автоматически в случае выхода из строя основной установки.

**3.10** Для удаления радиоактивных загрязнений должны быть предусмотрены средства дезактивации.

**3.11** Материал конструкций, а также покрытия и окраска помещений и оборудования контролируемой зоны, в которых имеются радиоактивные загрязнения при классах состояний КС1 и КС2, должны обеспечивать возможность проведения многократной дезактивации.

**3.12** Конфигурация помещений контролируемой зоны, в которых возможен застой дезактивирующих растворов и промывочных вод, должна быть простой, по возможности без ниш и выступающих частей. Ребра жесткости переборок следует устанавливать со стороны помещений с меньшей вероятностью загрязнения. Углы корпусных конструкций должны быть по возможности скруглены.

**3.13** Конструкция фундаментов и креплений механизмов и оборудования в помещениях контролируемой зоны, в которых имеются радиоактивные загрязнения при классах состояний КС1 и КС2, должна обеспечивать доступ ко всем поверхностям фундаментов или креплений для их дезактивации.

Пространства фундаментов, недоступные для дезактивации, следует герметизировать.

**3.14** Механизмы и оборудование, неприспособленные для дезактивации, должны быть легко заменяемыми. Следует предусмотреть возможность зачехления этих механизмов и оборудования в процессе эксплуатации или во время проведения общей дезактивации помещений.

**3.15** Должен быть предусмотрен аварийный выход из помещений контролируемой зоны на открытую палубу.

**3.16** Помещения контролируемой зоны, в которых могут иметь место радиоактивные загрязнения, следует размещать компактно, в пределах конструктивной защиты от столкновений, по возможности в едином блоке, так,

чтобы обеспечивалось удобство обслуживания и ремонта размещенных в них механизмов и оборудования, а также наиболее короткие пути движения людей и транспортировки оборудования, материалов и радиоактивных отходов.

**3.17** На каждой палубе из помещений контролируемой зоны должен быть обеспечен выход к грузовому лифту (шахте), а из помещений с большим насыщением оборудованием и вероятностью пользования лифтом (шахтой) следует предусматривать, по возможности, выход (вход) из лифта (шахты) непосредственно в помещение.

**3.18** В помещениях контролируемой зоны запрещается устанавливать оборудование, механизмы и приборы, требующие непрерывного наблюдения и обслуживания.

**3.19** Шпигаты в помещениях контролируемой зоны должны иметь запоры и обеспечивать полное удаление воды из помещений. Палубы в помещениях следует выполнять с прогибом или наклоном в сторону шпигатов.

**3.20** Крепление оборудования и механизмов в помещениях контролируемой зоны, в которых имеются радиоактивные загрязнения при классах состояний КС1 и КС2, необходимо выполнять таким образом, чтобы при установке их на фундамент и креплении на переборке была обеспечена возможность проведения дезактивации.

**3.21** Помещения, в которых проектом предусматривается проведение работ с загрязненными радиоактивными веществами средами, механизмами и материалами, должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией у рабочих мест.

**3.22** Транзитные коммуникации и кабельные трассы, не относящиеся к контролируемой зоне, в пределах этой зоны следует прокладывать в специальных герметизированных коридорах или зашивках. Проходки этих трасс и коммуникаций в переборках, ограничивающих контролируемую зону, должны быть герметичными.

**3.23** Компоновка оборудования и арматуры, прокладка трубопроводов и кабельных трасс в контролируемой зоне должны выполняться с учетом обеспечения удобного доступа к ним для технического обслуживания, ремонта, ревизии, дезактивации и освидетельствования, а также для нанесения защитных покрытий и зачехления.

**3.24** Применение решетчатых конструкций трапов, настилов, переходных площадок в контролируемой зоне не допускается.

## 4 РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

**4.1** Для регистрации уровней излучения, загрязненности воздуха и поверхностей, радиоактивности жидких сред на судне (плавучем сооружении) должна быть предусмотрена специальная система радиационного

контроля, которая должна отвечать требованиям частей XI «Электрическое оборудование» и XV «Автоматизация» Правил РС, а также настоящим требованиям.

**4.2** Система радиационного контроля должна быть предназначена для осуществления радиационного технологического и радиационного дозиметрического контроля на судне (плавучем сооружении) при всех классах состояний.

Часть системы радиационного контроля, выполняющая функции технологического контроля, должна обеспечивать:

**.1** контроль герметичности оболочек тепловыделяющих элементов;

**.2** контроль радиоактивности теплоносителя первого контура;

**.3** контроль радиоактивности сред второго и третьего контуров;

**.4** контроль радиоактивности сред в хранилищах жидких радиоактивных отходов;

**.5** контроль протечек из первого во второй и третий контуры и в помещения;

**.6** измерение мощности бета-, гамма- и нейтронного излучения, объемной активности газов и аэрозолей в необходимых помещениях контролируемой зоны;

**.7** радиометрический анализ радиоактивных проб;

**.8** сигнализацию о превышении безопасных уровней ионизирующих излучений, загрязнения и радиоактивности сред;

**.9** сигнализацию об открытии дверей входа в помещения контролируемой зоны и дверей аварийного выхода;

**.10** выдачу сигнала на отсечение неисправного парогенератора.

**4.3** В необходимых случаях должно быть предусмотрено резервирование блоков детектирования ионизирующих излучений в помещениях контролируемой зоны.

Все датчики устройств системы радиационного контроля должны быть исполнения не ниже IP68, остальная аппаратура – IP23.

**4.4** Система регистрации должна обеспечивать запись и хранение следующих параметров:

**.1** доз облучения, полученных лицами, работающими в контролируемой и, при необходимости, наблюдаемой зонах;

**.2** уровней ионизирующих излучений на судне (плавучем сооружении);

**.3** уровней радиоактивных загрязнений в посещаемых частях судна (плавучего сооружения);

**.4** количества и активности радиоактивных отходов, хранящихся на судне (плавучем сооружении);

**.5** активности отходов, передаваемых в береговые устройства или на специальные суда;

**.6** объемной радиоактивности теплоносителя первого контура;

**.7** информации о предаварийной ситуации, изменении радиационной обстановки при аварии.

**4.5** Данные об уровнях излучения в контролируемой и наблюдаемой зонах и радиоактивности воздуха в защитной оболочке, а также о концентрации радиоактивных газов и аэрозолей, выбрасываемых в окружающую среду, должны быть представлены на центральном пульте системы радиационного контроля. Пульт должен быть оборудован средствами индикации любого повышения уровня излучения.

**4.6** Судно (плавучее сооружение) должно быть оборудовано достаточным количеством переносных средств дозиметрического контроля, предназначенных для работы в обычных и аварийных условиях. Это оборудование должно включать приборы альфа-, бета-, гамма- и нейтронной дозиметрии, приборы измерения активности проб воздуха и уровней загрязненности.

**4.7** На судне (плавучем сооружении) должно быть предусмотрено достаточное число индивидуальных дозиметров для всех лиц, находящихся на борту, и при всех условиях, предусмотренных классами состояний КС1 – КС4.

**4.8** Кроме приборов, упомянутых в 4.6 и 4.7, судно (плавучее сооружение) может быть оборудовано лабораторными приборами для анализа радиоактивных проб, если не все задачи обеспечиваются автоматизированной системой радиационного контроля.

**4.9** При всех классах состояний должен быть обеспечен контроль радиационной обстановки на судне (плавучем сооружении).

## 5 ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**5.1** Проекты ППУ и судна (плавучего сооружения) должны предусматривать безопасные для экипажа, пассажиров и окружающей среды сбор, хранение, обработку радиоактивных отходов до последующего их удаления с судна или плавучего сооружения.

**5.2** Проект ППУ должен предусматривать минимальное, насколько это практически достижимо, образование радиоактивных отходов.

**5.3** Проект ППУ и судна (плавучего сооружения) должен включать средства, предназначенные для контроля и обращения с твердыми, жидкими и газообразными радиоактивными веществами, образующимися в процессе нормальной эксплуатации, чтобы свести к минимуму их вредное воздействие на экипаж, пассажиров, судно (плавучее сооружение) и окружающую среду.

**5.4** При проектировании и эксплуатации средств обработки и хранения радиоактивных отходов должны учитываться:

**.1** допустимые уровни радиоактивности;

**.2** необходимость обеспечения биологической защиты и применения системы охлаждения;

**.3** возможное коррозионное воздействие некоторых радиоактивных газов и жидкостей на материалы емкостей, трубопроводов, оборудования и арматуры;

**.4** необходимость обнаружения радиоактивных утечек;

**.5** возможность образования горючих газов и меры по уменьшению последствий и предотвращению взрывов горючих газов.

**5.5** Вместимость хранилищ радиоактивных отходов должна соответствовать условиям эксплуатации судна (плавучего сооружения).

**5.6** Проект должен предусматривать предотвращение выброса радиоактивных отходов из хранилищ в помещения судна (плавучего сооружения) и в окружающую среду.

**5.7** Средства хранения и транспортировки, а также трубопроводы для удаления с судна (плавучего сооружения) радиоактивных отходов должны быть такими, чтобы предотвращался любой выброс радиоактивных веществ в другие отсеки судна (плавучего сооружения) и в окружающую среду.

**5.8** В технической документации и Информации о безопасности должны быть приведены критерии для проектирования, изготовления, эксплуатации и проверки оборудования для обработки и хранения радиоактивных отходов. Эти критерии должны учитывать необходимость разделения отходов по их составу и объемной радиоактивности.

**5.9** Радиоактивные материалы, которые существенно влияют на индивидуальные дозы облучения, должны быть размещены в пределах защитного ограждения.

**5.10** Количество радиоактивного газа, сбрасываемого в атмосферу в условиях КС1, КС2 и КС3, не должно приводить к увеличению доз облучения, получаемых пассажирами, экипажем или ограниченной частью населения, выше соответствующих пределов, указанных в Нормах радиационной безопасности.

**5.11** Удаление твердых и жидких радиоактивных отходов в береговые устройства должно проводиться в соответствии с радиационно-гигиеническими требованиями.

**5.12** Защита от радиоактивного излучения лиц, находящихся на борту судна (плавучего сооружения) или вблизи них при обработке и удалении с судна (плавучего сооружения) радиоактивных отходов, должна отвечать требованиям 3.2 и 3.3 настоящей части.

**5.13** Емкости и трубопроводы с арматурой должны изготавливаться из одобренных Регистром коррозионно-стойких материалов и сплавов, допускающих их многократную дезактивацию.

**5.14** Трубопроводы систем для перекачки радиоактивных сред должны изготавливаться из бесшовных электрохимически полированных труб. Все соединения таких трубопроводов должны быть сварными в соответствии с

нормативной документацией, одобренной Регистром. Фланцевые или штуцерные соединения допускаются только по специальному разрешению Регистра.

**5.15** Насосы, трубопроводы и арматура при необходимости должны иметь биологическую защиту.

**5.16** Фундаменты и крепления к ним оборудования систем радиационной безопасности должны обеспечивать удержание его на месте при любом изменении положения судна (плавучего сооружения) в пространстве вплоть до опрокидывания.

**5.17** Емкости систем радиационной безопасности должны иметь шероховатость поверхностей и сварных швов в пределах не ниже 5 – 6 классов и должны допускать их периодические освидетельствования и испытания давлением.

**5.18** Трубопроводы и системы должны размещаться от поверхностей помещений на расстоянии, обеспечивающем обслуживание и освидетельствование систем.

**5.19** Оборудование систем радиационной безопасности должно отвечать требованиям по обеспечению чистоты поверхностей, одобренным Регистром.

**5.20** Расчеты прочности оборудования и систем радиационной безопасности должны быть выполнены в соответствии с нормами, предусмотренными для оборудования класса безопасности 3.

## 6 ОБРАЩЕНИЕ С ТВЕРДЫМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ (ТРО)

**6.1** В качестве типичных ТРО следует рассматривать отработавшие ионообменные смолы и фильтры, а также разнообразные детали (загрязненный инструмент, спецодежда, лабораторные материалы и др.).

**6.2** ТРО должны храниться и транспортироваться в контейнерах.

При хранении ТРО должно учитываться возможное содержание или образование газов и жидкостей.

## 7 ОБРАЩЕНИЕ С ЖИДКИМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ (ЖРО)

**7.1** ЖРО должны собираться на борту судна и плавучего сооружения в закрытые емкости – монжюсы (цистерны).

**7.2** Устройства для обработки и хранения ЖРО должны обеспечивать передачу этих отходов с судна (плавучего сооружения) на берег или в специальное плавучее устройство двумя независимыми системами, одна из которых предназначена для средне-, а другая – для низкоактивных отходов.

**7.3** При проектировании устройств для обработки и хранения ЖРО необходимо учитывать следующие требования.

**7.3.1** Отходы должны быть разделены в соответствии с их активностью и, при необходимости, с учетом их физических и химических свойств.

**7.3.2** Должна быть исключена возможность неконтролируемого дренажа емкостей (цистерн) через сифон или под действием силы тяжести.

**7.3.3** Должно быть предусмотрено отсечение линий удаления ЖРО с местного поста управления и дистанционно. Рекомендуется автоматическое отсечение линии по сигналу падения давления в ней.

**7.3.4** Цистерны для сбора и хранения ЖРО должны быть вкладными с наружным набором, внутренние поверхности должны иметь шероховатость не менее 5 – 6 класса и иметь наклон к сливному отверстию. Воздушные трубы из емкостей (цистерн) ЖРО должны быть выведены в помещения соответствующих емкостей (цистерн) ЖРО. Должны быть предусмотрены средства замера уровня ЖРО в цистернах.

**7.3.5** Для средне- и низкоактивных ЖРО должны быть предусмотрены автономные емкости и коллекторы. Возможность перелива отходов из емкостей высокоактивных ЖРО в емкости низкоактивных ЖРО должна быть конструктивно исключена. Подразделение ЖРО на низко-, средне- и высокорадиоактивные осуществляется в соответствии с санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (низкорадиоактивные – ниже $1 \times 10^{-5}$ Ки/л, среднерадиоактивные – выше $1 \times 10^{-5}$ Ки/л, высокорадиоактивные – выше 1 Ки/л).

**7.3.6** Должна быть предусмотрена возможность периодической очистки емкостей ЖРО от загрязнений.

**7.3.7** Следует предусматривать возможность проведения испытаний съемных трубопроводов на герметичность перед началом работ, возможность их дезактивации и полного осушения после окончания работ.

**7.4** В помещениях, в которые возможно неконтролируемое поступление жидких радиоактивных сред, должны быть предусмотрены сигнализаторы наличия воды в них.

**7.5** Должна быть исключена возможность заброса воды из цистерн ЖРО в каналы вентиляции помещений. Следует предусматривать технические средства, предотвращающие возможность создания давления в цистернах выше расчетного.

## 8 ОБРАЩЕНИЕ С ГАЗООБРАЗНЫМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

**8.1** Должен быть обеспечен контроль всех путей, по которым газообразные радиоактивные отходы могут выйти в окружающую среду.

**8.2** Сброс радиоактивных газов и аэрозолей в окружающую среду должен производиться только по трубопроводам и вентиляционным каналам,

которые отвечают требованиям к их герметичности и содержат фильтрующее и контролирующее радиоактивность выбросов оборудование.

**8.3** Сжатие газообразных радиоактивных отходов и их хранение под давлением допускается только при условии, что сосуды под давлением и соответствующие трубопроводы отвечают требованиям настоящих Правил.

В проекте должна быть выполнена оценка опасности распространения радиоактивности при разгерметизации баллона с газообразными радиоактивными отходами.

**8.4** Суммарные объемы удаляемых в атмосферу аэрозолей и газов и степень их радиоактивности должны контролироваться непрерывно и с нарастающим итогом и не превышать норм, установленных санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности.

**8.5** Линии сброса газообразных радиоактивных отходов должны быть оборудованы средствами автоматического, дистанционного и местного отключения для предотвращения неконтролируемого выброса.

## 9 ХРАНИЛИЩА ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК АКТИВНЫХ ЗОН

**9.1** При размещении на судне или плавучем сооружении хранилищ для новых тепловыделяющих сборок (НТВС) и отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) активных зон надлежит соблюдать требования разд. 6 Правил классификации и постройки судов атомно-технологического обслуживания.

# ИНФОРМАЦИЯ О БЕЗОПАСНОСТИ СУДНА (ПЛАВУЧЕГО СООРУЖЕНИЯ)

**(рекомендуемое содержание)**

## 1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

**1.1** Информация о безопасности состоит из представляемой первоначально документации, пополняемой последующими представлениями, дополнениями и изменениями.

**1.2** Информация о безопасности должна содержать систематизированный анализ технических аспектов безопасности атомного судна (плавучего сооружения) при проектировании, постройке, эксплуатации и выводе из эксплуатации в подтверждение того, что для людей на борту судна (плавучего сооружения), населения или окружающей среды не будет неприемлемого риска. Информация должна содержать достаточные сведения, позволяющие Регистру и компетентным органам принимающего государства оценить безопасность атомного судна (плавучего сооружения).

**1.3** Информация должна быть представлена в краткой форме, и вопросы должны быть освещены соответственно их важности для безопасности атомного судна (плавучего сооружения).

**1.4** Если используется положение правила 5 главы I Международной конвенции по охране человеческой жизни на море о равноценных заменах, в Информацию о безопасности должно быть включено описание равноценных замен с расчетами, подтверждающими их надежность.

## 2 ПРАКТИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**2.1** Информация о безопасности как документ должна быть подготовлена в такой форме, чтобы можно было включать в нее дополнительную информацию или переработанные разделы. Все страницы должны иметь дату и четкую последовательную нумерацию. Переработанные страницы и дополнения должны четко отличаться от первоначально представленных материалов (указывается номер пересмотра и дата внесения изменения).

**2.2** Должны использоваться чертежи, графики, диаграммы, таблицы и картограммы всюду, где такими способами информация будет представлена более четко и удобно.

**2.3** Вся представленная информация должна быть ясной; чертежи не должны уменьшаться до таких масштабов, когда становится трудным их

чтение. Должны применяться единицы СИ и единицы, фактически используемые в приборах.

**2.4** В Информации о безопасности могут быть сделаны ссылки на другие документы, если они легко доступны для соответствующих властей.

## 3 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**3.1** Во введении должен содержаться общий обзор проекта, включая проектирование, постройку и эксплуатацию судна (плавучего сооружения) и его АЭУ, с выводами о безопасности судна (плавучего сооружения).

Кратко описываются:

**.1** проект судна (плавучего сооружения) и его характеристики;

**.2** ППУ и ее проектные параметры;

**.3** защитные оболочка и ограждение;

**.4** АЭУ;

**.5** вспомогательные механизмы и системы;

**.6** электроэнергетические системы;

**.7** резервная пропульсивная установка (если предусматривается);

**.8** конструктивная защита от столкновения.

**3.2** Должна быть сделана оценка ядерной и радиационной безопасности с указанием мер по предотвращению и ограничению последствий аварий и выводами о степени безопасности, предусматриваемой для экипажа, населения и окружающей среды.

## 4 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПРИНЯТЫЕ В ПРОЕКТЕ

**4.1** Раздел должен содержать информацию о внешних условиях, принятых в качестве основы для проектирования, с особым упором на факторы, важные как для ядерной, так и для общей безопасности судна (плавучего сооружения). В нем должны быть указаны обоснования выбора проектных условий окружающей среды, включая состояния моря, основной проектный шторм, срок службы по усталостной прочности, факторы риска от окружающей среды в районах эксплуатации.

## 5 НОРМЫ И ПРАВИЛА

В разделе должны быть перечислены технические, радиационные и административные правила безопасности, на которых базируются проектирование, постройка и эксплуатация судна (плавучего сооружения) и АЭУ.

**5.1** Проектирование, постройка и эксплуатация.

**5.1.1** Правила проектирования:

**.1** стандарты;

**.2** правила Регистра;

**.3** нормы проектирования;

**.4** государственные требования и правила.

**5.1.2** Практический опыт постройки и эксплуатации.

**5.1.3** Эксплуатационные правила как для периодов эксплуатации судна (плавучего сооружения), так и для периодов вывода его из эксплуатации.

**5.1.4** Правила эксплуатации судна (плавучего сооружения) в аварийных условиях:

**.1** предвидимые эксплуатационные происшествия;

**.2** аварийные условия;

**.3** состояния, при которых разрешается эксплуатация за пределами предписанных условий.

**5.2** Программы обеспечения качества:

**.1** при проектировании судна и основного оборудования;

**.2** при постройке и испытаниях;

**.3** при эксплуатации и техническом обслуживании.

## 6 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

**6.1** Раздел должен содержать техническое описание проектных решений по различным системам, конструкциям и компонентам в свете их важности для безопасности судна (плавучего сооружения) и АЭУ.

**6.1.1** Исходные данные для проектирования, приводимые в разделе, должны определять требуемые характеристики и параметры систем, а также внешние условия, при которых эти характеристики должны быть достигнуты.

**6.1.2** Описание должно содержать следующую информацию по анализируемым системам или конструкциям:

**.1** функции;

**.2** нормальные и предельные рабочие параметры;

**.3** выбор и характеристику материалов;

**.4** конструктивную схему;

**.5** проверки и испытания в эксплуатации;

**.6** техническое обслуживание;

**.7** результаты расчета прочности;

**.8** результаты тепловых и гидравлических расчетов.

**6.2** Описание и информация, требуемые в 6.1, должны применяться к следующим системам.

**6.2.1** Судно (плавучее сооружение) и судовые системы:

**.1** расположение;

**.2** характеристики;

**.3** остойчивость и деление на отсеки;

**.4** живучесть;

**.5** конструкция и прочность корпуса;

**.6** защита от столкновения;

**.7** навигация;

**.8** связь;

**.9** спасательные средства;

**.10** судовые механические системы:

электроэнергетика;

главная пропульсивная установка (например, главный конденсатор, турбина, паропровод и система питательной воды);

рулевое устройство;

обнаружение и защита от пожаров;

системы обогрева, вентиляции и кондиционирования воздуха, осушительная и балластная системы, грузовые средства, якорно-швартовное устройство,

**.11** другие системы.

**6.2.2** ППУ:

**.1** первый контур:

реактор;

насосы первого контура;

предохранительные клапаны;

трубопроводы первого контура;

парогенераторы;

система компенсации давления;

арматура;

**.2** вспомогательные системы:

радиоактивных отходов, подпитки, третьего контура, отбора проб;

вентиляции и фильтрации воздуха защитной оболочки, газоудаления и дренажа первого контура и др.;

**.3** активная зона реактора;

**.4** контрольно-измерительные приборы и средства управления;

**.5** системы безопасности:

управления и защиты реактора;

аварийного охлаждения активной зоны реактора;

отвода остаточных тепловыделений;

ввода жидкого поглотителя;

отключения защитной оболочки;

обнаружения утечек.

**6.2.3** ЦПУ и пост управления аварийным расхолаживанием:

**.1** объем контроля;

**.2** приборы;

**.3** местонахождение и описание;

**.4** защита от пожара;

**.5** обитаемость и доступ.

## 7 НОРМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ АЭУ

**7.1** Раздел должен представлять информацию о функциональном поведении установки при нормальных режимах работы.

**7.2** Информация о нормальной эксплуатации должна включать описание:

**.1** исходного состояния АЭУ перед вводом в действие;

**.2** ввода в действие;

**.3** эксплуатации на постоянном уровне мощности;

**.4** изменения уровня мощности в эксплуатации;

**.5** вывода в горячий резерв, а затем перевода в холодное состояние;

**.6** быстрого вывода на работу на мощности после непредвиденного быстрого выключения.

## 8 РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**8.1** В разделе должны быть изложены основные сведения по радиационной безопасности:

**.1** основные критерии радиационной защиты;

**.2** дозовые пределы облучения;

**.3** сбросы радиоактивных отходов;

**.4** уровни радиации для каждой зоны на судне (плавучем сооружении) и порядок доступа в зоны при различных классах состояний;

**.5** обращение с радиоактивными веществами.

**8.2** Описание биологической защиты:

**.1** указание источника, который должен быть защищен;

**.2** расположение и назначение;

**.3** размеры и материалы.

**8.3** Сведения по радиационному контролю должны включать:

**.1** расположение;

**.2** тип, чувствительность и диапазон измерений используемых датчиков;

**.3** методы отображения информации и сигнализации;

**.4** порядок радиохимического контроля теплоносителя, питательной и охлаждающей воды;

**.5** указания о надежности и долговечности работы системы радиационного контроля;

**.6** тип и количество индивидуальных дозиметров.

**8.4** Информация о сбросе радиоактивных веществ во внешнюю среду должна содержать данные по приборам и процессам измерения утечек из установки и сведения об автоматическом или ручном включении систем, ограничивающих сброс.

**8.5** Должны быть описаны (с указанием расположения) помещения и устройства для обработки загрязненных объектов и людей, санпропускники и лаборатории.

## 9 АНАЛИЗ АВАРИЙ И ОТКАЗОВ

**9.1** В разделе должна быть представлена детальная информация о возможных последствиях событий, воздействующих на установку и судно (плавучее сооружение) в результате:

**.1** отказа или нарушения работы систем, компонентов или конструкций;

**.2** ошибки персонала при эксплуатации установки;

**.3** судовых аварий (пожара, столкновения, посадки на мель, затопления и т. п.).

**9.2** Должен быть описан возможный ход событий после отказов или аварий:

**.1** первопричина события;

**.2** очередность событий, следующих за первоначальным событием;

**.3** конечные последствия.

**9.3** Анализ должен включать:

**.1** исходное состояние;

**.2** предположения, на которых основаны расчеты;

**.3** величины радиоактивности теплоносителя;

**.4** принятые дефекты топливных оболочек;

**.5** величину утечки из защитной оболочки и эффективность адсорбции и фильтрации;

**.6** принятые автоматические действия или необходимые действия оператора;

**.7** время после события, в течение которого эти действия должны быть предприняты.

**9.4** Анализ аварий производится, исходя из критерия единичного отказа.

**9.5** Неисправности АЭУ:

**9.5.1** непреднамеренное изменение реактивности, включая, например:

**.1** непреднамеренное перемещение управляющего стержня или группы стержней с наибольшим «физическим» весом;

**.2** заброс холодной воды;

**.3** нарушение в работе питательного клапана, т. е. подача питательной воды с максимальным расходом при работе на малой мощности;

**9.5.2** неисправности в системе первого контура:

**.1** неисправности в системе подпитки;

**.2** частичное или полное прекращение принудительной циркуляции;

**.3** снижение давления теплоносителя (уровня в компенсаторах объема);

**.4** разрыв первого контура – авария с потерей теплоносителя;

**.5** избыточный нагрев теплоносителя;

**.6** разрыв трубки парогенератора;

**9.5.3** неисправности в системе второго контура:

**.1** разрыв главного паропровода или главного трубопровода питательной воды;

**.2** повышение давления;

**.3** закрытие главного отсечного парового клапана перед турбиной;

**.4** прекращение отвода пара от ППУ;

**.5** прекращение подачи охлаждающей воды на главный конденсатор;

**.6** прекращение подачи питательной воды;

**9.5.4** прочие аварии:

**.1** неисправности в электроэнергетической системе;

**.2** выход из строя ЦПУ;

**.3** непреднамеренный ввод в действие системы аварийного охлаждения;

**.4** неполадки в системах обработки и хранения радиоактивных отходов и системах газоудаления.

**9.6** Аварии судна (плавучего сооружения).

Следующие состояния должны быть рассмотрены для условий пребывания судна (плавучего сооружения) в море и в порту:

**.1** столкновение;

**.2** посадка на мель;

**.3** опрокидывание;

**.4** затопление на мелкой воде;

**.5** затопление на глубокой воде;

**.6** пожар в защитном ограждении;

**.7** пожар в любом другом месте на судне (плавучем сооружении);

**.8** внешние опасности в непосредственной близости от судна (плавучего сооружения) – пожар, взрыв, ядовитые газы и т. д.;

**.9** потеря маневренности;

**.10** падение вертолета и др.

## 10 РАЗРЕШЕННЫЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА (ПЛАВУЧЕГО СООРУЖЕНИЯ)

**10.1** В разделе должны быть детально определены условия эксплуатации и требования технического, административного и методического характера. Как минимум, это должно относиться к следующим вопросам:

**.1** предельные условия для эксплуатации аварийного судна (плавучего сооружения) (см. 5.1.4 настоящего приложения);

**.2** освидетельствования и проверки технического состояния (периодичность и объем записей и испытаний);

**.3** управление (могут быть сделаны ссылки на Руководство по эксплуатации и организационные руководства):

организация и линии подчинения и ответственности;

процедуры изменения и одобрения эксплуатационных инструкций и распоряжений;

комплектование экипажа (численность и квалификация персонала);

процедуры и инструкции, определяющие организацию управления в нормальной эксплуатации, при предвидимых эксплуатационных происшествиях, авариях и несчастных случаях;

**.4** техническое обслуживание.

## 11 ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**11.1** В разделе должен быть указан порядок вывода судна (плавучего сооружения) из эксплуатации без неприемлемых радиационных последствий для населения.

## 12 ОГЛАВЛЕНИЕ

Рекомендуется следующее типовое оглавление Информации о безопасности:

**12.1** Общие положения

**12.1.1** Назначение и тип судна (плавучего сооружения), предполагаемый характер использования

**12.1.2** Хронология создания судна (плавучего сооружения): верфь, изготовитель ППУ

**12.1.3** Органы надзора за проектированием, постройкой и эксплуатацией

**12.1.4** Проектные критерии и нормы проектирования судна (плавучего сооружения) и атомной энергетической установки

**12.1.5** Программы обеспечения качества

**12.2** Судно (плавучее сооружение) и его общая безопасность

**12.2.1** Общие характеристики и описание судна (плавучего сооружения)

**.1** Общие характеристики

**.2** Общее описание

**.3** Конструкция и прочность корпуса

**.4** Размещение АЭУ, оборудования и постов управления

**.5** Маневренные качества

**12.2.2** Конструктивная защита в районе реакторного отсека

**12.2.3** Остойчивость и непотопляемость в нормальных и аварийных условиях

**12.2.4** Навигационное оборудование и средства связи

**12.2.5** Спасательные средства

**12.2.6** Противопожарная защита
**12.2.7** Судовые устройства
**12.2.8** Судовые системы
**12.3** ППУ
**12.3.1** Общее описание и характеристики
**12.3.2** Первый контур
**.1** Общие характеристики
**.2** Резервирование оборудования
**.3** Расположение оборудования
**.4** Оборудование
реактор (конструкция, материалы, прочность, активная зона),
парогенераторы,
циркуляционные насосы,
исполнительные механизмы систем управления и защиты,
вспомогательное оборудование,
компенсатор давления,
предохранительные, разгрузочные и отсечные клапаны
**12.3.3** Вспомогательные системы и оборудование
**.1** Система очистки теплоносителя первого контура
**.2** Системы подпитки и проливки реактора
**.3** Система газа высокого давления
**.4** Система определения неплотности трубной системы парогенератора
**.5** Промежуточная система охлаждения
**.6** Система отбора проб
**.7** Система газоудаления и дренажа
**12.3.4** Аварийные системы
**.1** Расхолаживания
**.2** Аварийного охлаждения активной зоны
**.3** Ввод жидкого поглотителя
**.4** Предотвращения переопрессовки парогенератора
**12.4** Системы управления и защиты
**12.4.1** Принципы построения
**12.4.2** Описание
**12.4.3** Параметры, приборы, оборудование
**12.4.4** Взаимосвязь с паротурбинной и электроэнергетической установками
**12.4.5** Посты управления
**12.5** Защитная оболочка
**12.5.1** Конструкция
**12.5.2** Прочность
**12.5.3** Герметичность
**12.5.4** Система снижения давления

**12.5.5** Система аварийного затопления

**12.6** Защитное ограждение

**12.6.1** Конструкция

**12.6.2** Прочность

**12.6.3** Герметичность

**12.7** Радиационная безопасность

**12.7.1** Конструкция и материалы биологической защиты

**12.7.2** Радиоактивность в системах охлаждения

**12.7.3** Схема деления судна (плавучего сооружения) на радиационные зоны

**12.7.4** Уровни ионизирующих излучений

**12.7.5** Специальные меры по защите здоровья и средства защиты

**12.7.6** Радиационный контроль

**12.7.7** Радиоактивные отходы

**.1** Газообразные

**.2** Жидкие

**.3** Твердые

**12.7.8** Системы вентиляции и кондиционирования

**12.8** Паротурбинная установка

**12.8.1** Описание и общие характеристики второго контура

**12.8.2** Система главного пара

**12.8.3** Система охлаждения главного конденсатора

**12.8.4** Системы восполнения утечек питательной воды и конденсата

**12.8.5** Вспомогательные паровые системы

**12.8.6** Аварийный источник энергии для движения судна

**12.9** Электрическая система

**12.9.1** Источники электроэнергии

**12.9.2** Анализ нагрузок электростанции

**12.9.3** Распределение электроэнергии

**12.9.4** Схема электроснабжения ППУ в аварийных условиях

**12.10** Режимы работы АЭУ

**12.10.1** Исходное состояние, приготовление к пуску

**12.10.2** Пуск

**12.10.3** Работа на мощности

**12.10.4** Вывод из действия

**12.10.5** Работа от аварийного источника энергии

**12.11** Эксплуатация судна или плавучего сооружения (может быть сделана ссылка на Руководство по эксплуатации судна)

**12.11.1** Организация эксплуатации

**12.11.2** Численность и квалификация членов экипажа

**12.11.3** Организация вахтенной службы

**12.11.4** Тренировки персонала и учебные тревоги

**12.11.5** Эксплуатационная документация

**12.11.6** Освидетельствования

**12.11.7** Вход и стоянка в порту

**.1** Описание местных условий

**.2** Мероприятия, проводимые на судне (плавучем сооружении) перед входом в порт

**.3** Условия стоянки у причала

**.4** Организация действия по аварийным тревогам

**.5** Мероприятия по охране судна (плавучего сооружения)

**12.11.8** Спасание судна (плавучего сооружения)

**12.12** Анализ аварий

**12.12.1** Аварии, связанные с нарушениями в работе ППУ

**.1** Аварийная остановка циркуляционного насоса или насосов первого контура

**.2** Разрыв трубок парогенератора

**.3** Прекращение подачи питательной воды

**.4** Прекращение подачи электроэнергии

**.5** Прекращение отвода пара от ППУ

**.6** Разрыв главного паропровода

**.7** Непреднамеренное извлечение из активной зоны реактора наиболее эффективного органа управления

**.8** Заброс холодной воды в реактор

**.9** Нарушение герметичности первого контура – авария с потерей теплоносителя

**12.12.2** Аварии судна (плавучего сооружения)

**.1** Столкновение (удар в районе реакторного отсека)

**.2** Посадка на мель

**.3** Опрокидывание

**.4** Затопление на мелкой воде

**.5** Затопление на глубокой воде

**.6** Пожар

**12.13** Общая оценка безопасности судна (плавучего сооружения)

# РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭУ АТОМНОГО СУДНА (ПЛАВУЧЕГО СООРУЖЕНИЯ)

**(указания по составлению)**

Руководство по эксплуатации должно содержать всю информацию, необходимую для того, чтобы квалифицированный персонал мог безопасно эксплуатировать судно (плавучее сооружение) и его АЭУ при всех нормальных эксплуатационных условиях, а также инструкции по мерам, которые должны быть приняты в определенных аварийных ситуациях.

В Руководстве по эксплуатации должны быть приведены следующие данные.

**1.** Характеристики АЭУ со схемами систем и другими данными по таким вопросам, как радиационный контроль, биологическая защита, средства пожарной защиты и пожаротушения, запасные части.

**2.** Параметры нормальной эксплуатации ППУ и связанных с ней систем, включая номинальные и предельные значения, а также допустимые отклонения от них.

В числе важных параметров должны быть указаны:

**2.1** продолжительность пребывания персонала в радиационных зонах;

**2.2** уровни радиации в определенных зонах;

**2.3** уровни активности теплоносителей первого и второго контуров, а также жидких, твердых и газообразных отходов.

**3.** Инструкции для нормальных режимов эксплуатации ППУ, таких, как пуск, нормальная работа, изменение мощности и выключение, в том числе следующие данные:

**3.1** по функциональным проверкам систем управления и защиты ППУ перед пуском и в процессе нормальной работы;

**3.2** по определению критического положения управляющих ступеней и величин реактивности, а также запаса реактивности активной зоны реактора и его изменения в течение срока службы активной зоны;

**3.3** по минимально допустимому резервированию оборудования ППУ и энергоснабжения для обеспечения безопасного пуска и работы реактора. Оборудование, подвергающееся испытаниям или ремонту, не должно считаться находящимся в рабочем состоянии при оценке удовлетворения требованиям по резервированию, за исключением случаев, когда испытание приводит оборудование в рабочее состояние (например, запуск генераторного агрегата).

**4.** Эксплуатационные инструкции для определенных аварийных условий, описывающие типичную последовательность развития первоначальных событий и рекомендуемые меры по устранению неисправностей и, при необходимости, продолжению эксплуатации.

**5.** Инструкции по организации службы на судне (плавучем сооружении), в том числе:

**5.1** по комплектованию и ответственности персонала, в обязанности которого входит обеспечение ядерной и радиационной безопасности;

**5.2** для личного состава ходовой и стояночных вахт;

**5.3** по доступу в контролируемую зону и защитную оболочку;

**5.4** по проведению тренировок персонала, связанного с эксплуатацией ППУ, и учебных тревог для экипажей;

**5.5** по ведению судовой документации, относящейся к эксплуатации ППУ и радиационной обстановке на борту судна (плавучего сооружения), а также по направлению донесений об отказах оборудования и аварийных ситуациях.

**6.** Инструкции по освидетельствованию ППУ, защитной оболочки и конструкций корпуса, в том числе данные о периодичности, объеме и способах испытаний.

**7.** В дополнение к любым другим инструкциям, необходимым для обеспечения безопасности судна (плавучего сооружения) и окружающей среды, в Руководство по эксплуатации должны быть включены следующие инструкции:

**7.1** по докованию и подводным освидетельствованиям, связанные с обеспечением радиационной безопасности людей;

**7.2** по радиационной безопасности;

**7.3** по обращению с твердыми, жидкими и газообразными радиоактивными отходами при их хранении и выдаче (сбросе);

**7.4** по пожарной безопасности;

**7.5** по действиям персонала в аварийных ситуациях, которые могут оказать влияние на безопасность ППУ, судна (плавучего сооружения) и окружающей среды;

**7.6** специальные требования по погрузке, перевозке и выгрузке опасных грузов;

**7.7** административные меры для предотвращения вмешательства при проверке компонентов систем защиты реактора.

# ЭЛЕМЕНТЫ ГЕРМЕТИЧНОГО КОНТУРА ЗАЩИТНЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМНЫХ ППУ. МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМ ГЕРМЕТИЧНОСТИ

## 1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

**1.1** Настоящая методика распространяется на элементы герметичного контура защитных оболочек (ЗО) атомных ППУ судов и плавучих сооружений. Документ предназначен для использования при проектировании и устанавливает методику расчета норм герметичности.

## 2 ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$L_д$ – допускаемая относительная скорость утечки, %/сут;

$P_А$ – атмосферное давление, Па;

$P_{МПА}$ – абсолютное давление воздуха, равное давлению аварийной среды, при максимальной проектной аварии, Па;

$P_1$ – абсолютное давление воздуха в ЗО через 24 ч испытаний, Па;

$\Delta P_Д$ – допускаемое изменение давления для заданной $L_д$, Па;

$P_И$ – абсолютное давление испытаний, Па;

$\tau$ – время, в течение которого изменяется давление на величину $\Delta P_Д$, с;

$Q_Д$ – допускаемый суммарный поток воздуха через микродефекты герметичного контура ЗО при давлении $P_{МПА}$, Вт ($м^3$Па/с);

$Q_i$ – поток воздуха через один элемент герметичного контура при давлении $P_И$, Вт;

$V$ – объем ЗО, $м^3$;

$в_\Sigma$ – суммарная величина течи (норма герметичности) для всего герметичного контура ЗО, Вт;

$в_i$ – норма герметичности одного элемента герметичного контура, Вт;

$в_{сс}$ – норма герметичности для сварных соединений герметичного контура, Вт;

$в_{рсi}$ – норма герметичности для элементов герметичного контура, имеющего разъемное соединение, Вт;

$в_{фсi}$ – норма герметичности для элементов герметичного контура, имеющего фланцевое соединение, Вт;

$в_i^{КЗ}$ – норма герметичности одного элемента герметичного контура с учетом коэффициента запаса, к, Вт;

$\ell_i$ – протяженность соединения на элементе герметичного контура, м;

$n_i$ – число элементов герметичного контура;

$\ell_{сс}$ – протяженность сварных соединений, м;

$\ell_{рс}$ – протяженность разъемных соединений, м;

$\ell_{фс}$ – протяженность фланцевых соединений, м;

$n_{ЗА}$ – количество запорной арматуры трубопроводов, сообщающихся с испытываемым объемом воздуха (запорная арматура является элементом герметичного контура);

$n_{УК}$ – число устройств уплотнения проходов кабелей или проводников;

$n_{СК}$ – число сечений кабелей.

## 3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**3.1** Относительная скорость утечки – отношение величины утечки по массе (объему) к массе (объему) воздуха в контролируемой конструкции при определенных начальных параметрах (давлении, температуре), выраженное в процентах за единицу времени (%/сут).

При этом под величиной утечки понимается масса (объем) воздуха, вышедшего из контролируемого объема при определенных начальных параметрах (давлении, температуре) в единицу времени кг/ч ($м^3$/ч) или кг/сут ($м^3$/сут).

**3.2** Поток воздуха – расход, в котором количество воздуха выражается произведением объема на величину падения начального давления.

**3.3** Норма герметичности – поток воздуха из атмосферы в вакуум при нормальных условиях $t$ = 20 °С и $P_А$ = 101333 Па (760 мм рт. ст.).

**3.4** Соотношение нормы герметичности и потока воздуха определяется по формулам

$$в_i = Q_i \cdot \frac{P_А^2}{P_И^2 - P_А^2} \qquad (3.4\text{-}1)$$

или

$$Q_i = в_i \cdot \frac{P_И^2 - P_А^2}{P_А^2} \qquad (3.4\text{-}2)$$

## 4 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА

**4.1** Допускаемое изменение давления воздуха $\Delta P_Д$ при заданных в проекте $L_д$ и $P_{МПА}$ и принятого допущения $T_0 = T_1$ и $P_А$ = const ($P_А$ = 1,0·105 Па) определяется по формуле

$$\Delta P_Д = L_Д \cdot P_{МПА} / 100. \qquad (4.1)$$

**4.2** Суммарный допускаемый поток воздуха $Q_{Д}$, проникающий через микродефекты герметичного контура ЗО, будет равен

$$Q_{Д} = \Delta P_{Д} \cdot V / \tau. \qquad (4.2)$$

**4.3** Норма герметичности $в_{\Sigma}$ герметичного контура ЗО будет равна

$$в_{\Sigma} = Q_{Д} P_{А}^2 / (P_{МПА}^2 - P_{А}^2). \qquad (4.3)$$

**4.4** Нормируемые соотношения в распределении нормы герметичности $в_{\Sigma}$ приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

**Норма герметичности**

| Тип соединения в ЭГК | | | Число ЭГК | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Сварные соединения | Разъемные соединения | Фланцевые соединения | Запорная арматура | Устройства уплотнения проходов кабелей или проводников | Продольное сечение кабелей |
| $0{,}05\,в_{\Sigma}$ | $0{,}32\,в_{\Sigma}$ | $0{,}18\,в_{\Sigma}$ | $0{,}19\,в_{\Sigma}$ | $0{,}21\,в_{\Sigma}$ | $0{,}05\,в_{\Sigma}$ |

**4.5** На основании данных табл. 4.4 нормы герметичности определяются следующим образом:

**.1** для сварных соединений герметичного контура:

$$в_{сс} = \frac{0{,}05\,в_{\Sigma}}{\ell_{сс}}; \qquad (4.5\text{-}1)$$

**.2** для элементов герметичного контура, имеющего разъемное соединение:

$$в_{рсi} = \frac{0{,}32\,в_{\Sigma}}{\ell_{рс}} \cdot \ell_{рсi}; \qquad (4.5\text{-}2)$$

**.3** для элементов герметичного контура, имеющего фланцевое соединение:

$$в_{рсi} = \frac{0{,}19\,в_{\Sigma}}{\ell_{фс}} \cdot \ell_{фсi}; \qquad (4.5\text{-}3)$$

**.4** для запорной арматуры на каждый элемент герметичного контура:

$$в_{ЗАi} = 0{,}18\, в_{\Sigma} / n_{ЗА}; \qquad (4.5\text{-}4)$$

**.5** для устройств уплотнения проходов кабелей или проводников каждый элемент герметичного контура:

$$в_{укi} = 0{,}21\, в_{\Sigma} / n_{ук}; \qquad (4.5\text{-}5)$$

**.6** для продольных сечений кабелей на каждый кабель:

$$в_{СКi} = 0{,}05\, в_{\Sigma} / n_{СК}. \qquad (4.5\text{-}6)$$

**4.6** Для повышения надежности контроля по расчетным нормам необходимо вводить коэффициент запаса, равный 0,1 (к = 0,1), тогда норма герметичности с учетом коэффициента запаса будет равна

$$в_i^{КЗ} = к\, в_i. \qquad (4.6)$$

## 5 ПРИМЕР РАСЧЕТА

**5.1** Предположим, что параметры, заданные в проекте, определяются следующими величинами:

$L_Д$ = 1 %/сут; $P_{МПА}$ = 5,0·10$^5$ Па; $V$ = 680 м$^3$; $ℓ_{сс}$ = 600 м; $ℓ_{рс}$ = 34,5 м; $ℓ_{фс}$ = 6 м; $n_{ЗА}$ = 32 ед.; $n_{ук}$ = 6 ед.; $n_{СК}$ = 800 ед.

**5.2** Допускаемое изменение давления воздуха $\Delta P_Д$ определяется из формулы (4.1):

$$\Delta P_Д = L_Д \cdot P_{МПА} / 100 = 1 \cdot 5 \cdot 10^5 / 100 = 5000 \text{ Па}. \qquad (5.2)$$

**5.3** Суммарный допускаемый поток воздуха $Q_Д$ определяется из формулы (4.2):

$$Q_Д = \Delta P_Д \cdot V / ф = 5000 \cdot 680 / 24 \cdot 3600 = 40 \text{ Вт (м}^3\text{Па/с)}. \qquad (5.3)$$

**5.4** Норма герметичности на весь герметичный контур определяется из формулы (4.3):

$$в_{\Sigma} = Q_Д P_А^2 / (P_{МПА}^2 - P_А^2) = 40 \cdot \frac{(1{,}0 \cdot 10^5)^2}{(5{,}0 \cdot 10^5)^2 - (1{,}0 \cdot 10^5)^2} = 1{,}7 \text{ Вт}. \qquad (5.4)$$

**5.5** С учетом табл. 4.4 и формул (4.3), (4.5-1) – (4.5-6) норма герметичности для сварных соединений герметичного контура ЗО определяется по следующим образом:

$$в_{сс} = \frac{0{,}05 \cdot 1{,}7}{\ell_{сс}} = 1{,}4 \cdot 10^{-4}; \qquad (5.5\text{-}1)$$

$$в_{сс}^{КЗ} = 0{,}1 \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-4} = 1{,}4 \cdot 10^{-5}\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}2)$$

**.1** для элемента герметичного контура, имеющего разъемное соединение (например, основное закрытие, $\ell_{ОЗi} = 20$ м):

$$в_{ОЗi} = \frac{0{,}32 \cdot 1{,}7}{34{,}5} \cdot 20 = 0{,}3\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}1\text{-}1)$$

$$в_{ОЗi}^{КЗ} = 0{,}1 \cdot 0{,}3 = 3{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}1\text{-}2)$$

**.2** для элемента герметичного контура, имеющего фланцевое соединение (например, соединение вентилятора с проходкой, $\ell_{ВП} = 0{,}6$ м):

$$в_{ВПi} = \frac{0{,}18 \cdot 1{,}7}{6} \cdot 0{,}6 = 0{,}03\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}2\text{-}1)$$

$$в_{ВПi}^{КЗ} = 0{,}1 \cdot 0{,}3 = 3{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}2\text{-}2)$$

**.3** для запорной арматуры на каждый элемент герметичного контура:

$$в_{ЗАi} = \frac{0{,}18 \cdot 1{,}7}{32} = 9{,}6 \cdot 10^{-3}\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}3\text{-}1)$$

$$в_{ЗАi}^{КЗ} = 0{,}1 \cdot 9{,}6 \cdot 10^{-3} = 9{,}6 \cdot 10^{-4}\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}3\text{-}2)$$

**.4** для устройств уплотнения проходов кабелей:

$$в_{УКi} = \frac{0{,}21 \cdot 1{,}7}{6} = 0{,}06\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}4\text{-}1)$$

$$в_{УКi}^{КЗ} = 0{,}1 \cdot 0{,}6 \cdot 10^{-3} = 0{,}6 \cdot 10^{-3}\ \text{Вт}; \qquad (5.5\text{-}4\text{-}2)$$

**.5** для продольных сечений кабелей на каждый кабель:

$$в_{СКi} = \frac{0{,}18 \cdot 1{,}7}{6} = 1{,}4 \cdot 10^{-4} \text{ Вт;} \qquad (5.5\text{-}5\text{-}1)$$

$$в_{СКi}^{КЗ} = 0{,}1 \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-4} = 1{,}4 \cdot 10^{-5} \text{ Вт;} \qquad (5.5\text{-}5\text{-}2)$$

**5.6 Определение норм стендовых испытаний элементов герметичного контура.**

**Пример расчета:** для испытаний основного закрытия изготовлен стенд, имеющий внутренний свободный объем $V_С$ =2 м$^3$. Абсолютное давление воздуха в начале испытаний принимается равным $P_{И_0}$ = 2,0·10$^5$ Па. Нормы испытаний рассчитываются в соответствии с формулами (3.4-1) и (4.2) следующим образом:

**.1** допускаемый поток воздуха:

$$Q_{Дi} = в_{ОЗi}^{КЗ} \cdot \frac{P_{И_0}^2 - P_А^2}{P_А^2} = 3{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 3 = 0{,}9 \cdot 10^{-3} \text{ Вт;} \qquad (5.6.1)$$

**.2** допускаемое падение давления за 1 ч контроля:

$$\Delta P_{Дi} = \frac{Q_{Дi} ф}{V_с} = \frac{0{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{2} = 1620 \text{ Па;} \qquad (5.6.2)$$

**.3** нормы испытаний:

начальное абсолютное давление в стенде:

$$P_{И_0} = 2{,}0 \cdot 105 \text{ Па;} \qquad (5.6.3\text{-}1)$$

продолжительность контроля:

$$\tau = 3600 \text{ с (1 ч);} \qquad (5.6.3\text{-}2)$$

допускаемое падение давления:

$$\Delta P_{Дi} = 1620 \text{ Па.} \qquad (5.6.3\text{-}3)$$

## 6 УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

**6.1** Норма герметичности на сварные соединения должна быть приведена в технических требованиях конструкторской документации на корпусные конструкции ЗО.

**6.2** Норма герметичности должна быть приведена в технических требованиях конструкторской документации на каждый элемент герметичного контура ЗО, имеющего разъемное и фланцевое соединение.

**6.3** Нормы герметичности на кабели и устройства уплотнения проходов кабелей или проводников принимают согласно методикам ГКЛИ.3210-259-2007 и ГКЛИ.3210-260-2007.

Российский морской регистр судоходства

**Правила классификации и постройки атомных судов и плавучих сооружений**

*Редакционная коллегия Российского морского регистра судоходства*

Ответственный за выпуск *Е. Б. Мюллер*
Главный редактор *М. Ф. Ковзова*
Редактор *Е. Н. Сапожникова*
Компьютерная верстка *Д. Г. Иванова*

Подписано в печать 29.12.08. Формат 60 × 84/16. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л.: 6,8. Уч.-изд. л.: 7,5. Тираж 150. Заказ 2358.

Российский морской регистр судоходства
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8

gost.e-ecolog.ru