Открытое акционерное общество
«Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях»

(ОАО «Концерн Росэнергоатом»)

ПРИКАЗ

20.03.2013 № 9/245-П

Москва

О введении в действие
РД ЭО 1.1.2.99.0538-2011
РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012

В целях обеспечения надежной и безопасной эксплуатации строительных конструкций зданий и сооружений в период проектного и дополнительного сроков эксплуатации энергоблоков АЭС

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Ввести в действие с 01.06.2013 методики оценки технического состояния и остаточного ресурса:

1.1. РД ЭО 1.1.2.99.0538-2011 «Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса защитных оболочек атомных станций с ВВЭР-1000» (приложение 1).

1.2. РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012 «Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций» (приложение 2).

2. Заместителям Генерального директора – директорам филиалов ОАО «Концерн Росэнергоатом» - действующих атомных станций и руководителям структурных подразделений центрального аппарата ОАО «Концерн Росэнергоатом» принять методики, указанные в п. 1.1 и п. 1.2 настоящего приказа, к руководству и исполнению.

3. Департаменту планирования производства, модернизации и продления срока эксплуатации (Дементьев А.А.) внести в установленном порядке методики, указанные в п. 1.1 и п. 1.2 настоящего приказа, в Указатель технических документов, регламентирующих обеспечение безопасной эксплуатации энергоблоков АС (обязательных и рекомендуемых к использованию), часть III, раздел 4.1.

gost.e-ecolog.ru

ЭА/897/19.03

4. Признать утратившими силу приказы ФГУП концерн «Росэнергоатом» от 31.05.2005 № 500 «О введении в действие РД ЭО 0538-2004», от 07.03.2003 № 193 «О введении в действие РД ЭО 0447-03», от 10.11.2003 № 988 «О введении в действие РД ЭО 0462-03».

5. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на заместителя Генерального директора – директора по производству и эксплуатации АЭС Шутикова А.В.

Генеральный директор Е.В. Романов

В.В. Пучков
(495) 783-01-43, доб. 21-54

Приложение 2 к приказу
ОАО "Концерн Росэнергоатом"
от 20.03.2013 № 9/245-П

ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

Открытое акционерное общество
«Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях»

(ОАО «Концерн Росэнергоатом»)

УТВЕРЖДАЮ

И. о. заместителя Генерального директора - директора по производству и эксплуатации АЭС
ОАО «Концерн Росэнергоатом»

_____ **О.Г. Черников**

«05» 10 **2012**

Руководящий документ эксплуатирующей организации

РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Технологическим филиалом ОАО «Концерн Росэнергоатом» при участии ОАО «Атомэнергопроект», ООО ИСБ «Надежность», ООО «Донэнергосервис».

2 ВНЕСЕН Департаментом инженерной поддержки

3 ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 20.03. 2013 г. № 9/245-П

4 ВЗАМЕН РД ЭО 0447-03 и РД ЭО 0462-03

Одобрен Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) исх. № 05-00-12/298 от 28.02.2013.

Содержание

Стр.

1 Введение 1

2 Область применения 1

3 Нормативные ссылки 2

4 Термины и определения 3

5 Сокращения 7

6 Общие положения 7

7 Методика оценки технического состояния СКЗиС АС 10

7.1 Виды обследования, состав обследований 10

7.2 Основные параметры, определяющие техническое состояние СКЗиС АС 16

7.3 Особенности расчета критериальных значений параметров, определяющих техническое состояние СКЗиС АС 24

7.4 Критериальные значения определяющих параметров (критерии безопасности) 25

7.5 Оценка технического состояния СКЗиС АС по категориям 29

8 Методика определения остаточного ресурса СКЗиС АС 31

8.1 Методика расчета ресурса по анализу прочности бетона 31

8.2 Методика расчета ресурса по изменению напряженного состояния во времени 32

Приложение А (справочное). Перечень рекомендуемой нормативной и технической документации 36

Приложение Б (справочное). Определение степени карбонизации и pH водной вытяжки проб взятых кернов 39

Приложение В (обязательное). Предельные и/или допустимые значения деформаций и дефектов металлических конструкций 42

Приложение Г (справочное). Пример расчета остаточного ресурса по изменению напряженного состояния во времени 53

Руководящий документ эксплуатирующей организации

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Дата введения – « 01 » июня 2013 г.

1 Введение

1.1 Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций (далее – Методика) обобщает опыт проведения работ по оценке технического состояния и срока службы СКЗиС АС, накопленный ведущими предприятиями отрасли, и регламентирует процедуру, организацию и технологию проведения работ по оценке срока службы СКЗиС энергоблоков АС.

1.2 К СКЗиС АС, рассматриваемым в настоящей Методике, относятся несущие железобетонные (монолитные, сборные и сборно-монолитные) и несущие металлические конструкции (металлические фермы, колонны, ригели и т.п.).

1.3 Оценка технического состояния и остаточного ресурса СКЗиС АС производится с учетом их ответственности за радиационную и ядерную безопасность по ПиН АЭ-5.6.

2 Область применения

2.1 Настоящая Методика распространяется на здания и сооружения АЭС, которые относятся к категории I и II по условиям ответственности за радиационную и ядерную безопасность по ПиН АЭ-5.6.

2.2 Методика не распространяется на гидротехнические сооружения АС и защитные оболочки АС с реакторами ВВЭР

3 Нормативные ссылки

В настоящей Методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ПиН АЭ-5.6. Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа

ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ Р 54257-2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования

ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности

ГОСТ 26633-2011. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

ГОСТ 12730.0-78. Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водопроницаемости

ГОСТ 12730.1-78. Бетоны. Метод определения плотности

ГОСТ 12730.2-78. Бетоны. Метод определения влажности

ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Метод определения водопоглощения

ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона

ГОСТ 28570-90. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций

ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля

СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции

СП 41.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.06.08-87

Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87

СНиП 2.01.07-85*. Актуализированная редакция (СП 20.13330.2011). Нагрузки и воздействия

СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81

СНиП II-23-81*. Актуализированная редакция (СП 16.13330.2011). Стальные конструкции

СП 52-101-03. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры

СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003

СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений

СТО 1.1.1.01.007.0281-2010. Управление ресурсными характеристиками элементов энергоблоков атомных станций (с изменением № 1 2010 г.)

РД ЭО 1.1.2.99.0007-2011. Типовая инструкция по эксплуатации производственных зданий и сооружений атомных станций

РУ 1.2.1.14.001-2012. Руководство по ремонту бетонных, железобетонных конструкций и гидротехнических сооружений атомных станций

РД ЭО 1.1.2.99.0624-11. Мониторинг строительных конструкций атомных станций

НП-043-03 Требования к устройству и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов для объектов использования атомной энергии

4 Термины и определения

В настоящей Методике применены следующие термины с соответствующими определениями.

4.1 **восстановление:** Комплекс мероприятий, обеспечивающих доведение эксплуатационных качеств конструкций, пришедших в ограниченно работоспособное состояние, до уровня их первоначального состояния, определяемого соответствующими требованиями нормативных документов на момент проектирования объекта (ГОСТ Р 53778).

4.2 **дефект:** Каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям (ГОСТ 15467).

4.3 **дефектная ведомость:** Перечень дефектов в СКЗиС с указанием их параметров и места расположения, оформленный в табличной форме.

4.4 **деформация СК:** Изменение формы и размеров, а также потеря устойчивости СК под влиянием нагрузок и воздействий окружающей среды.

4.5 **категория технического состояния:** Степень эксплуатационной пригодности несущей строительной конструкции или здания и сооружения в целом, установленная в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик (СП 13-102).

4.6 **конструкции несущие:** Конструкции, воспринимающие нагрузки и воздействия окружающей среды и обеспечивающие прочность, жесткость и устойчивость СКЗиС.

4.7 **конструкции ограждающие**: СК, предназначенные для изоляции внутренних объемов в зданиях и сооружениях от внешней среды или между собой.

4.8 **конструкции строительные:** Элементы здания или сооружения, выполняющие несущие, ограждающие либо совмещенные (несущие и ограждающие) функции.

4.9 **контроль технического состояния:** Периодическая, в процессе эксплуатации, оценка соответствия текущих значений параметров СКЗиС требованиям, установленных в ПКД и НД.

4.10 **критерии безопасности:** Предельные значения количественных и качественных показателей состояния сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии сооружения и

утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью сооружений.

4.11 **критерий оценки технического состояния:** Установленное проектом или НД количественное или качественное значение параметра, характеризующего несущую способность, деформативность и другие нормируемые характеристики СК.

4.12 **магистральные трещины:** Силовые обособленные трещины полностью пересекающие ЖБК по всей их протяженности, пересекающие рабочую арматуру и имеющие ширину раскрытия, превосходящую предельно-допустимую величину (по второй группе ПС), по которым произойдет деление образца на части

4.13 **нагрузка**: Механическая сила или иное воздействие, прилагаемые к строительным конструкциям здания или сооружения и определяющие их напряженно-деформированное состояние.

4.14 **несущая способность:** Способность конструкции выполнять требуемые (проектной и НД) функции в заданных режимах и условиях применения.

4.15 **определяющий параметр:** Параметр технического состояния объекта, изменение которого может привести объект в неработоспособное или предельное состояние.

4.16 **отклонение:** Отличие фактического значения любого из параметров технического состояния СКЗиС от номинального в пределах, установленных проектной или НД.

4.17 **обследование СКЗиС:** Комплекс работ по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих эксплуатационное состояние, пригодность и работоспособность объектов обследования и определяющих возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления и усиления

4.18 **остаточный ресурс**: Время от момента определения ресурса до вывода СКЗиС из эксплуатации.

4.19 **пластичность:** Свойство твердых тел под воздействием внешних сил изменять, не разрушаясь, свою форму и размеры и сохранить остаточные (пластические) деформации после устранения этих сил.

4.20 **предел прочности:** Механическая характеристика материалов, выражающая условное напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению.

4.21 **повреждение:** Отклонение качества, формы и фактических размеров элементов и конструкций от требований НД или проекта, возникающее в процессе эксплуатации.

4.22 **предельное состояние:** Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно (ГОСТ 15467).

4.23 **ресурс строительных конструкций, зданий и сооружений:** Время, в течение которого сохраняется работоспособность конструкций, зданий и сооружений, исчисляемое от начала эксплуатации объекта до момента ее перехода в ПС (эксплуатация объекта недопустима).

4.24 **срок службы:** Календарная продолжительность эксплуатации объекта от начала эксплуатации или ее возобновления после ремонта до момента перехода в ПС.

4.25 **техническое состояние:** Состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных ТД (РД ЭО 1.1.2.99.0624), подразделяется на четыре категории: исправное, работоспособное, ограниченно работоспособное, аварийное (ГОСТ Р 53778).

4.26 **усилия:** Силы, возникающие в поперечном сечении элемента конструкций от внешних нагрузок и воздействий (продольная и поперечная силы, изгибающий и крутящий моменты).

4.27 **усиление:** Комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение несущей способности и эксплуатационных свойств строительной конструкции или здания и сооружения в целом по сравнению с фактическим состоянием или проектными показателями (СП 13-102).

5 Сокращения

АС - атомная станция;

ЖБК - железобетонные конструкции;

ЗиС - здания и сооружения;

МК - металлические конструкции;

МКЭ - метод конечных элементов;

КИА - контрольно-измерительная аппаратура;

НД - нормативная документация;

НДС - напряженно-деформированное состояние;

ОП - определяющий параметр;

ПД - проектная документация;

ПС - предельное состояние;

ТД - техническая документация;

СК - строительные конструкции

СКЗиС - строительные конструкции зданий и сооружений

6 Общие положения

6.1 Методика включает следующие этапы проведения работ:

6.1.1 Оценка технического состояния СКЗиС.

Основной принцип оценки технического состояния: определение категории состояния СКЗиС по результатам сравнения измеренных параметров при обследовании с предельно допустимыми критериями безопасности СК.

6.1.2 Оценка остаточного ресурса СКЗиС.

Основной принцип оценки остаточного ресурса для ЖБК: ресурс в основном определяется сравнением графиков изменения ОП во времени с расчетными параметрами.

6.2 Методика определяет процедуру, методы и способы контроля, измерений и расчетов при выполнении работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса СКЗиС.

6.3 Оценка технического состояния СКЗиС производится по результатам выполнения работ по программе обследования, разработанной на основе анализа ТД, результатов эксплуатационных наблюдений в соответствии с РД ЭО 1.1.2.99.0007 и на основании результатов типовых периодических визуальных, инструментальных и специализированных обследований.

6.4 При оценке технического состояния СКЗиС каждая конструкция рассматривается как элемент, входящий в их конструктивную схему работы.

6.5 Методы технического обследования устанавливаются техническим заданием или программой обследования и включают визуальный и инструментальный контроль. Визуальным контролем выявляются видимые дефекты, повреждения и деформации СКЗиС. Инструментальным контролем определяются механические характеристики бетона и арматуры, металлоконструкций, облицовок, а также производятся замеры параметров, определяющих техническое состояние СК, а также дефекты и повреждения.

6.6 Состояние СКЗиС в соответствии со строительными нормами и правилами оценивается:

– по первой группе ПС – по полной непригодности к эксплуатации вследствие потери несущей способности;

– по второй группе ПС – предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию СК или уменьшающие долговечность ЗиС по сравнению с предусматриваемым сроком службы.

6.7 Этапы оценки технического состояния:

– по результатам обследований определяют параметры, влияющие на состояние СК: состояние бетона, арматуры, стали – физико-механические,

химические, структурные показатели, степень коррозии, развитие трещин, дефекты, деформативность;

– производят оценку степени приближения СКЗиС к первому ПС, путем сравнительного анализа измеренных при обследовании параметров и предельно допустимых критериев безопасности.

6.8 Для определения состояния СК вводится понятие двух уровней безопасности - критериальных значений диагностических показателей состояния СКЗиС К1 и К2.

6.9 Оценка степени приближения ко второму ПС производится путем сравнения измеренных величин раскрытия трещин, предельных деформаций с допустимыми нормативными значениями.

6.10 Ресурс СКЗиС определяется по одному из двух вариантов:

– вариант 1 – нагрузки и воздействия не меняются. Допускается расчет НДС и прочности сечений не производить, а анализ проводится по сравнению прочности материалов во времени с проектной прочностью;

– вариант 2 – нагрузки и воздействия по сравнению с проектом изменяются. В этом случае проводится расчет НДС (усилий) и прочности сечений с учетом изменения свойств материалов во времени. Точка пересечения графика изменения ОП во времени с прямой, соответствующей критериальному значению, является ресурсом сооружения.

6.11. Работы по оценке технического состояния и остаточного ресурса СКЗиС, в соответствии с настоящей методикой, осуществляются комиссией под руководством главного инженера АС.

6.12. Персональный состав комиссии определяется эксплуатирующей организацией.

6.13. Результаты оценки технического состояния и остаточного ресурса должны быть зафиксированы в Заключении о техническом состоянии и остаточном ресурсе СКЗиС. Сведения, полученные при оценке технического состояния и остаточного ресурса (срока службы), вносятся в паспорта СКЗиС. По результатам оценки технического состояния и остаточного ресурса СКЗиС

комиссия оформляет решение о возможности, сроках и условиях их дальнейшей эксплуатации, периодичности контроля технического состояния и подтверждения выполненных оценок остаточного ресурса, утверждаемое Главным инженером АС. Заключение прилагается к паспорту СКЗиС.

7. Методика оценки технического состояния СКЗиС АС

7.1 Виды обследования, состав обследований

- Обеспечение необходимого уровня состояния СКЗиС АС связано с надлежащим функционированием службы технической эксплуатации, которая осуществляет технический контроль за ЗиС собственными силами, а также с проведением обследований технического состояния ЗиС.

- Обследование технического состояния ЗиС проводятся специализированными организациями, оснащенными современной приборной базой и имеющими в своем составе высококвалифицированных и опытных специалистов. Квалификация организации на право проведения обследования и оценки технического состояния несущих конструкций ЗиС должна быть подтверждена соответствующей Государственной лицензией.

- Целью технического контроля является своевременное выявление и правильная оценка дефектов и повреждений СК с определением их технического состояния и пригодности (или непригодности) к дальнейшей эксплуатации.

- Цель комплексного обследования технического состояния заключается в определении действительного технического состояния ЗиС и их элементов, получении количественной оценки фактических показателей качества конструкций (прочности, деформативности, сопротивления теплопередаче и др.) с учетом изменений, происходящих во времени.

- Обследования делятся на визуальные, инструментальные и специализированные.

7.1.1 Визуальное обследование

7.1.1.1 Визуальное обследование СКЗиС включает в себя выполнение следующих работ:

– осмотр соответствия фактической и проектной конструктивных схем зданий и сооружений;

– выявление недоделок, некачественного выполнения работ при строительстве и ремонте зданий и сооружений, приводящих к снижению несущей способности конструкций;

– оценку фактических условий эксплуатации конструкций с учетом воздействия повышенных температур, влияния влаги, пыли, наличия агрессивных сред, динамических нагрузок и т.п.;

– анализ температурных воздействий, превышающих проектные воздействия;

– анализ воздействия на конструкции агрессивных сред: газов, кислот, щелочей, растворов солей и других химреагентов;

– анализ воздействия протечек воды, масел и др. жидкостей на несущие и ограждающие конструкции;

– определение участков с визуально обнаруженными повреждениями и дефектами;

– осмотр узлов сопряжения на их соответствие требованиям проекта;

– осмотр наружной бетонной поверхности сборных, монолитных и сборно-монолитных конструкций, в ходе которого фиксируется состояние защитного слоя бетона, наличие трещин, участков оголения и коррозии арматурных стержней.

Для металлоконструкций дополнительно определяются:

– состояние сварных, болтовых и заклепочных соединений;

– степень и характер коррозии элементов и соединений;

– отклонение элементов от проектного положения, расстояние между осями ферм, прогонами, отметки опорных узлов и ригелей и т.п.;

– прогибы и деформации.

7.1.1.2. Результаты визуального обследования в соответствии с требованиями РД ЭО 1.1.2.99.0007-2011 оформляются цеховыми журналами, журналами технического осмотра, отчетами с дефектными ведомостями актами общего технического осмотра.

7.1.1.3 По результатам визуального обследования делается предварительная оценка технического состояния СК ЗиС, которое определяется по степени повреждения и по характерным признакам дефектов.

7.1.1.4 Зафиксированная картина дефектов и повреждений (в ЖБК - схема образования и развития трещин, в металлических конструкциях - участки коррозионных повреждений) может позволить выявить причины их происхождения и быть достаточной для оценки состояния конструкций и составления заключения. Если результаты визуального обследования окажутся недостаточными для решения поставленных задач, то проводят детальное инструментальное обследование.

7.1.2 Инструментальное обследование

7.1.2.1 В случае, если при визуальном обследовании обнаружены дефекты и повреждения, которые могут понизить прочность, устойчивость и жесткость несущих конструкций ЗиС, проводят внеочередное детальное (инструментальное) обследование, которое проводится в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53778.

7.1.2.2 Основные контролируемые параметры и измеряемые характеристики параметров при инструментальном обследовании ЖБК приведены в таблице 7.1, при инструментальном обследовании МК в таблице 7.2.

Таблица 7.1 Контролируемые параметры и измеряемые характеристики при инструментальном обследовании ЖБК.

Контролируемый параметр	Измеряемые характеристики
1 Действующие эксплуатационные нагрузки и	Изменение массы оборудования, температура на гранях несущих элементов,

Контролируемый параметр	Измеряемые характеристики
воздействия, параметры эксплуатационной среды, присущей технологическому процессу в момент обследования	избыточное давление
2 Напряженное состояние	По стационарным датчикам, по раскрытию трещин, методом разгрузки
3 Физико-механические свойства бетона 3.1 Прочностные характеристики бетона	Прочность бетона при сжатии - R_b, Модуль упругости бетона - E_b
3.2 Состояние бетона	Плотность, однородность, влажность, наличие дефектов в виде протечек, высолов, пропитки маслом
3.3 Изменение защитного слоя бетона	Толщина защитного слоя а
3.4 Коррозия бетона	Глубина карбонизации, процент щелочности PH
4 Физико-механические свойства и состояние арматуры 4.1 Прочностные характеристики арматуры	Прочность арматуры на растяжение - R_s. При воздействии высоких температур или при наличии слоистой коррозии прочность арматуры на растяжение R_s определяется на выпиленных из конструкции образцах
4.2 Система армирования	Диаметр, количество, класс арматуры и ее геометрия, толщина защитного слоя
4.3 Коррозия арматуры	Вид коррозии, степень, глубина (рабочий диаметр арматуры), место возникновения
5 Наличие прогибов и деформаций	Величина прогибов, крены, смещения

Таблица 7.2 Контролируемые параметры и измеряемые характеристики при инструментальном обследовании МК.

Контролируемый параметр	Измеряемые характеристики
1 Действующие эксплуатационные нагрузки и воздействия, параметры эксплуатационной среды,	Изменение массы оборудования, температурные воздействия, избыточное давление

Контролируемый параметр	Измеряемые характеристики
присущей технологическому процессу в момент обследования	
2 Напряженное состояние	Напряжения, определяемые по измеренным прогибам или методом разгрузки
3 Прочностные характеристики металла	Предел прочности, предел текучести, относительное удлинение
4 Соединения МК 4.1 Сварные соединения	Вид коррозии Контроль и оценка качества стали сварных соединений, расчетные сопротивления сварных соединений
4.2 Болтовые соединения	Механические свойства, химический состав стали болтов, расчетное сопротивление срезу и растяжению болтов
4.3 Заклепочные соединения	Качество стали заклепок, химический состав металла заклепок и его временное сопротивление срезу.
3 Потеря устойчивости, деформации конструкций под влиянием нагрузок и воздействия окружающей среды, повреждения	Геометрические размеры, изменение формы и размеров, деформации, прогибы, повреждения
4 Коррозия металла	Площадь повреждения, глубина коррозии

7.1.2.3 Результаты инструментальных обследований оформляются в виде отчета, в котором на схемах дефектов и повреждений должны быть указаны места отбора проб материалов, результаты исследований или замеров прочностных характеристик и деформаций в табличной форме.

7.1.2.4 В результате обработки полученных данных получают зависимости контролируемых параметров на момент проведения обследования. Эти зависимости позволяют проследить динамику развития дефектов, а их аппроксимация дать прогноз дальнейшего поведения элемента конструкции.

7.1.3 Специализированные обследования

7.1.3.1 Если в процессе эксплуатации СКЗиС зафиксировано значительное изменение основных параметров, которое оказывает влияние на

технологический процесс и несущую способность зданий и сооружений, либо заканчивается проектный срок их службы, назначаются специализированные обследования.

7.1.3.2 Специализированные обследования, отличающиеся от всех других, заключаются в определении следующих дополнительных параметров:

– определение физико-механических, химических свойств материалов с использованием разрушающих методов контроля (выбуривание кернов, испытание бетона на отрыв, на отрыв со скалыванием, выпиливание образцов из металлоконструкций);

– определение напряженного состояния арматуры и бетона по измеренным параметрам магистральных трещин (раскрытию и расстоянию между трещинами), в металлоконструкциях – по прогибам. В случае превышения предупреждающего (эксплуатационного) критерия в ж/б и металлоконструкциях проводят измерения напряжений методом разгрузки;

– определение степени коррозии арматуры по удельному омическому сопротивлению бетона, по электрохимическому потенциалу в зонах недопустимых по раскрытию трещин. При превышении этими параметрами допустимого уровня, производится вскрытие защитного слоя бетона для количественного определения степени коррозии арматуры;

– определение срока службы СКЗиС расчетными методами с учетом изменений прочностных и физико-механических свойств материалов во времени, установленных по результатам обследования.

7.1.3.3 Метод разгрузки заключается в освобождении материала (бетона и арматуры) от напряжений с предварительной установкой обычного тензодатчика омического сопротивления и регистрации сопротивления до и после освобождения небольшой зоны конструкции.

7.2 Основные параметры, определяющие техническое состояние СКЗиС АС

7.2.1 Напряженное состояние и раскрытие магистральных трещин в ЖБК

7.2.1.1 В соответствии с пунктом 6.5 ГОСТ Р 53778 необходимо проводить анализ напряженного состояния конструкций, позволяющий оценить степень приближения к ПС несущей способности.

7.2.1.2 В соответствии с пунктом 5.3 ГОСТ Р 53778 трещины в бетоне анализируют с точки зрения НДС ЖБК. По измеренным параметрам трещин анализируется степень приближения конструкции к ПС.

7.2.1.3. Ширина раскрытия магистральных трещин должна анализироваться с двух позиций:

а) по первой группе ПС – по потере элементом СК несущей способности;

б) по второй группе ПС - по уменьшению долговечности ЗиС, исходя из требований по ограничению раскрытия трещин.

7.2.1.4. Напряжения в арматуре (и в бетоне) определяются на основе натурных наблюдений посредством установленной КИА. В случаях отсутствия соответствующей КИА напряжения в арматуре (и бетоне) определяются на основе результатов обследований.

7.2.1.5. При проведении инструментальных обследований напряжения в продольной рабочей арматуре определяются по СП 52-101-03 (формула 7.13) с использованием двух измеряемых параметров магистральных трещин: ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента и шага трещин на основе зависимости:

$$a_{cr} = \psi_s \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot l_{cr} \qquad (7.1)$$

где ψ_s - коэффициент, учитывающий неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами; полноты эпюры, принимается равным 1,0 в соответствии с п. 7.3 СП 52-101-03;

α_{cr}, – ширина раскрытия магистральных трещин, определяемая из натурных исследований;

σ_s - искомое напряжение в арматуре;

E_s - модуль упругости арматурной стали;

l_{cr} - шаг трещин, определяемый из натурных обследований.

В случае образования одиночной магистральной трещины значение l_{cr} определяется из зависимости, подтвержденной статистическим анализом результатов обследований АЭС:

$$l_{cr} = 0{,}125\frac{d}{R_{bt,n}} \cdot \sigma_{S,crc}, \qquad (7.2)$$

где d диаметр арматуры;

$R_{bt,n}$ - нормативное сопротивление бетона осевому растяжению;

$\sigma_{S,crc}$ - напряжение в арматуре в момент образования трещины.

Напряжения в бетоне сжатой зоны определяются из условий равновесия усилий в растянутой и сжатой зонах нормального сечения контролируемой конструкции.

7.2.1.6. При проведении визуальных, инструментальных специализированных обследований напряжения в поперечной арматуре σ_{sw} (в том числе в хомутах) в наклонных магистральных трещинах в зонах действия поперечных сил определяются по СНиП 2.03.01-84 (формула 152):

$$a_{crc} = \frac{0{,}9 \cdot \sigma_{sw} \cdot d_w \cdot}{E_s \cdot \frac{d_w}{h_0} + 0{,}15 \cdot E_b \cdot (1 + 2 \cdot \alpha \cdot \mu_w)}, \qquad (7.3)$$

где σ_{sw} - искомое значение напряжений в поперечной арматуре;

d_w - диаметр поперечной арматуры;

E_s - модуль упругости арматурной стали;

h_0 - рабочая высота сечения (высота сечения за вычетом защитного слоя);

E_b - модуль упругости бетона;

α - соотношение модулей упругости стали и бетона;

μ_w - коэффициент армирования поперечной арматурой.

7.2.1.7 Для определения напряжений в бетоне сжатой зоны по полученным напряжениям в арматуре определяется высота сжатой зоны сечения. Высоту сжатой зоны допускается определять по СП 52-101-03 (зависимость 7.41):

$$x = h_0\left(\sqrt{(\mu_S\alpha_{S2})^2 + 2\mu_S\alpha_{S2}} - \mu_S\alpha_{S2}\right), \qquad (7.4)$$

где μ_S коэффициент армирования;

$a_{S2} = \frac{E_S}{E_b}$ - коэффициент приведения растянутой арматуры к бетону.

7.2.1.8 В случае достижения напряжений в бетоне сжатой зоны критериального значения проводят уточнение напряжений, определяя высоту сжатой зоны с учетом эксцентриситета $e_0 = \frac{M}{N}$, полученных при проведении расчетов критериев. Высота сжатой зоны при внецентренном сжатии элементов определяется из уравнения 7.44 СП 52-101-03 или по пункту 6.8 Пособия к СНиП 2.06.08-87.

7.2.1.9 При проведении специализированных обследований напряжения в арматуре (в бетоне - из расчетов нормальных сечений) определяются аналогично как при проведении инструментальных обследований с использованием двух измеряемых параметров горизонтальных (или вертикальных) и наклонных магистральных трещин: ширины раскрытия трещин и шага трещин (7.2.1.5, 7.2.1.6).

7.2.1.10 При проведении специализированных обследований в зонах ЖБК, в которых на основе инструментальных обследований было зафиксировано превышение критериальных значений, напряжения в арматуре (в бетоне - из расчетов нормальных сечений) определяются методом разгрузки.

7.2.2. Физико-механические, химические свойства бетона

7.2.2.1. В соответствии с программой по обследованию ЖБК исследуются следующие технические характеристики бетона:

- предел прочности и фактический класс прочности при сжатии В (ГОСТ 18105, 22690, 17624; 26633);

- предел прочности и фактический класс прочности при растяжении B_t (ГОСТ 18105, 26633);

- плотность (объемная масса) бетона $\rho_{ср}$, водопоглощение W%, влажность (ГОСТ 12730.1, ГОСТ 12730.2, ГОСТ 12730.3);

- начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении $E_в$ (ГОСТ 24452);

- степень карбонизации бетона по содержанию $CaCO_3$ и pH водной вытяжки защитного слоя (методы петрографического и химического анализа, (смотри Приложение Б).

7.2.2.2 В соответствии с программой оценки состояния и остаточного ресурса СК обследования качества бетона производится поэтапно:

7.2.2.2.1 Первый этап – анализ проектных материалов, данных строительного периода и результатов обследований бетона в процессе эксплуатации. Основным анализируемым свойством является предел прочности при сжатии и растяжении, сохранение защитных свойств к арматуре.

7.2.2.2.2 Второй этап обследований - сплошное визуальное обследование: определение повреждений бетона, наличие и характеристика трещин и др.

7.2.2.2.3 Третий этап – инструментальное обследование бетона приборами неразрушающего действия по ГОСТ 22690. Число и расположение контролируемых участков конструкции определяется по ГОСТ 18105 или указывается в программе проведения обследований.

Число испытаний по ГОСТ 22690 на одном участке (размером от 100 до 600 $см^2$) должно быть не меньше значений, приведенных в таблице 7.3.

Таблица 7.3 Число испытаний прочности бетона при инструментальных обследованиях

Метод	Число испытаний на участке	Расстояние, мм		Толщина конструкции
		Между местами испытаний	От края конструкции до места испытаний	
Упругого отскока	5	30	50	100
Пластической деформации	5	30	50	70
Ударного импульса	10	15	50	50
Отрыва	1	2 диаметра диска	50	50
Отрыва со скалыванием	1	5 глубин вырыва	150	Удвоенная глубина установки анкера
Скалывание ребра	2	200	-	170

7.2.2.2.4 Четвертый этап при специализированном обследовании – инструментальное обследование приборами разрушающих методов.

Проведение инструментального обследования прочностных свойств бетона разрушающим методом производится в соответствии с ГОСТ 28570.

По результатам обследования неразрушающими методами определяются места отбора кернов.

Количество и места выбуривания кернов определяются программой обследования. Как правило, из каждой обследуемой конструкции должно быть выбурено не менее 3 п.м. кернов.

7.2.2.3. Критерии параметров качества обследуемого бетона:

а) при определении критериев и расчете ресурса в качестве фактической прочности (оценочной) следует принять значение с обеспеченностью 95% при числе измерений всех видов не менее 100;

б) основные критерии защитных свойств бетона к арматуре, при которых сталь сохраняет достаточную пассивность, следующие:

- pH бетона $\geq 11,5$;
- водонасыщение $\leq 5\%$;
- $CaCO3 \leq 10 \div 15\%$.

7.2.2.4 При обнаружении явных дефектов конструкции (выколы трещин, обнажение арматуры и др.) независимо от результатов расчета должен быть произведен ремонт обнаруженных дефектов методами, изложенными в РУ 1.2.1.14.001-2012.

7.2.2.5 Классификация и причины возникновения дефектов в ЖБК приведены в приложении Ж ГОСТ Р 53778.

7.2.3 Длительная прочность бетона

7.2.3.1 Длительная прочность бетона определяется по формуле:

$$R_b(t) = R_{b0}(1 + \alpha \lg t) - k_R(t - t_0), \qquad (7.5)$$

где R_{b0} - прочность бетона в момент времени t_0 (в начальный период);

t_0 и t - возраст бетона в годах;

α - коэффициент, характеризующий интенсивность прироста прочности бетона со временем и зависящий от состава бетонной смеси, условий хранения образцов и др. факторов.

k_R - коэффициент интенсивности снижения прочности бетона вследствие деструктивных процессов, кг/(см^2·год).

7.2.3.2 Значения коэффициента α при прочих равных условиях (вид, марка и расход цемента, водоцементное отношение и др.), в первую очередь, зависят от температурно-влажностных условий, при которых находится бетон в период эксплуатации сооружения. Его значение может достигать:

- при нахождении в воде или во влажной среде, например, во влажных опилках – 0,4;

- при нахождении в воздушно-сухой среде с влажностью не менее 70÷80% - 0,3;

- при нахождении в воздушно-сухой среде с влажностью не менее 50÷70% - 0,2;

- при нахождении в воздушно-сухой среде с повышенной температурой и влажностью менее 50% - 0,0÷0,2.

7.2.3.3 Значения коэффициента k_R для каждого конкретного сооружения определяются на основании анализа результатов экспериментальных исследований, в том числе результатов его обследования и определения фактической его прочности в возрасте t (путем испытания кернов или неразрушающими методами).

7.2.3.4 В случае, если при обследовании интенсивность снижения прочности не выявлена, значения k_R допускается принимать следующими:

k_R = 4 при переменном замораживании и оттаивании и воздействия водной среды или воздействия температуры 120-200 °С (до 30 лет);

k_R = 1,5 при воздействии температуры, не превышающей 200 °С при t>30 лет.

7.2.3.5 При умеренных параметрах, определяющих изменение прочности со временем ($\alpha \le 0{,}2$; $k_R \le 1{,}0$ кг/(см^2·год)), прочность бетона не снижается по сравнению с первоначальной марочной прочностью.

7.2.3.6 Прочность бетона снижается при напряжениях в бетоне выше границы микротрещинообразования – 0,5 R_{bn}. Коэффициент k_R снижения прочности в формуле (7.5) определяется по линейной зависимости

$$k_R = k_0 \cdot \frac{\sigma_b}{R_b}, \qquad (7.6)$$

где k_0 принимается равным 4 кг/(см^2·год);

σ_b - максимальные напряжения в бетоне сжатой зоны конструкции, определяемые в ходе обследования;

R_b - прочность бетона конструкции, устанавливаемая по классу бетона, определенному при обследовании.

Коэффициент интенсивности падения прочности бетона при расчетах принимается средним между k_R и k_0.

7.2.4. ОП металлоконструкций

7.2.4.1 В ходе обследования стальных конструкций фиксируют следующие параметры:

- отклонения сечений, длин элементов, генеральных размеров конструкций от геометрических размеров, принятых в проекте, способствующие ослаблению элементов и внецентренному приложению нагрузок;
- отклонения металлических конструкций от проектного положения;
- деформации конструкций;
- искривления элементов металлических конструкций, превышающие допустимые;
- местные погибы элементов металлических конструкций;
- вырезы, ослабляющие сечения элементов;
- расцентровка и неточная подгонка элементов в узлах сопряжений;
- хрупкие или усталостные трещины в основном металле;
- трещины в сварных швах;
- расстройство болтовых и заклепочных соединений;
- разрушение защитных покрытий и коррозия металла.

7.2.4.2 Основными ОП являются:

- деформации элементов - прогибы, крены, изменение формы сечений;
- физико-механические свойства - марка стали (с использованием твердомера);
- изменение толщины стенок профилей, в том числе с учетом коррозии (с использованием толщиномера);

- напряженное состояние (при специализированном обследовании), определенное методом разгрузки с последующим испытанием образцов – «восьмерок».

7.2.4.3 Дефекты в металлоконструкциях, соединениях МК и допускаемые или не допускаемые отклонения приведены в Приложении В.

7.3 Особенности расчета критериальных значений параметров, определяющих техническое состояние СКЗиС АС

7.3.1 Критериальные значения параметров, определяющих техническое состояние СК, устанавливаются при выполнении прочностных расчетов СКЗиС на нагрузки при эксплуатационных воздействиях.

7.3.2 Расчеты зданий и сооружений и определение усилий в конструктивных элементах от эксплуатационных нагрузок выполняются численными методами, в частности МКЭ, для определения предупреждающего критерия – К1 (смотри п. 7.4). Расчеты могут выполняться инженерными методами с использованием сертифицированных программ.

7.3.3 Расчеты выполняются на основании и с учетом уточненных обследованиями параметров:

- геометрических параметров здания и его конструктивных элементов – пролетов, высот, размеров расчетных сечений несущих конструкций;
- фактических опираний и сопряжений несущих конструкций;
- расчетных сопротивлений материалов, из которых выполнены конструкции;
- дефектов и повреждений, влияющих на несущую способность конструкций;
- фактических нагрузок, воздействий и условий эксплуатации СК.

7.3.4 Реальная расчетная схема определяется по результатам обследований. Она должна отражать:

- геометрические размеры сечений, величины пролетов, эксцентриситетов и т.д.;

- реальные граничные условия (условия опирания или соединения с другими смежными СК, деформации опорных креплений);

- вид и характер фактических нагрузок, точки их приложения или распределения по конструктивным элементам;

- повреждения и дефекты конструкций.

7.3.5 На основании выполненных расчетов производят:

- определение напряженного состояния в конструкциях от эксплуатационных нагрузок и воздействий в период обследования - критерий К1;

- назначение аварийных критериев К2 по НД.

7.3.6 На основании проведенных обследований несущих СК, выполнения поверочных расчетов и анализа полученных результатов делается заключение о категории технического состояния этих конструкций и может быть принято решение об их дальнейшей эксплуатации.

7.4 Критериальные значения определяющих параметров (критерии безопасности)

7.4.1 Критерии технического состояния ЖБК

7.4.1.1 Для ОП технического состояния ЖБК по первой и по второй группам ПС устанавливаются качественные и количественные критерии.

7.4.1.2 Вводится понятие двух уровней критериальных значений диагностических показателей К1 и К2:

К1– (предупреждающий) критерий, определяемый при действии обычных эксплуатационных нагрузок, действующих на момент проведения обследования по фактическим характеристикам материалов конструкций;

К2 – (аварийный) критерий, численное значение которого принимается по действующим НД.

7.4.1.3 Первый уровень (К1) является предупреждающим, а его превышение сигнализирует о наступлении ограниченно работоспособного состояния (смотри п. 7.5), что требует принятия мер по переводу сооружения в

работоспособное состояние. Превышение второго уровня (К2) критериальных значений свидетельствует о предаварийном или аварийном состоянии, требует ввода ограничений на режим их эксплуатации, проведения срочного специализированного обследования, принятия оперативных мер по переводу конструкций в работоспособное состояние, при необходимости – останову реактора.

7.4.1.4 Значения диагностических показателей критерия К1 определяются преимущественно в расчетной форме.

Значения диагностических показателей критерия К2 принимаются по действующим НД.

7.4.1.5 Оценка технического состояния ЖБК и их безопасности осуществляется путем сравнения измеренных (или вычисленных на основе измерений) количественных и качественных диагностических показателей с критериями К1 и К2.

7.4.1.6 В случае если значения одного или более ОП технического состояния ЖБК превышают предельно-допускаемые значения (критерии), назначается проведение специализированного обследования в целях более детального и корректного определения технического состояния сооружения.

7.4.2 Определение критериальных значений ЖБК при проведении инструментальных обследований

7.4.2.1 Критерии К1 по первой группе ПС по напряженному состоянию продольной рабочей арматуры [σ_s] и бетона [σ_b] для сооружений I и II категории ответственности по ПиН АЭ-5.6 определяются путем расчетов сооружения численными методами (МКЭ) при действии эксплуатационных нагрузок, соответствующих периоду проведения инструментальных обследований.

7.4.2.2 Обычно в результате применения вычислительных программных комплексов определяется необходимая площадь сечения арматуры. Ввиду

линейности расчетов напряжения при эксплуатационных воздействиях в период обследования определяются из простого выражения:

$$\sigma_{s(K1)} = R_s \cdot \frac{A_s^Э}{A_s}, \qquad (7.7)$$

где R_s - расчетное сопротивление арматуры;

$A_s^Э$ - площадь сечения арматуры от эксплуатационных воздействий;

A_s - фактически установленная арматура.

7.4.2.3 Предельно-допустимое напряжение (критерий К1) в поперечной арматуре от воздействия поперечных сил определяется аналогично напряжениям в продольной арматуре умножением расчетного сопротивления хомутов на соотношение площадей сечений поперечной арматуры при нагрузках в период обследования к установленным сечениям арматуры.

7.4.2.4 Критерии К2 по первой группе ПС по напряженному состоянию арматуры и бетона принимаются по действующим НД равными расчетным сопротивлениям арматуры R_s и бетона R_b (либо предельная относительная высота сжатой зоны).

7.4.2.4 Несущая способность ЖБК (по первой группе ПС) должна также контролироваться по раскрытию магистральных трещин, сравнивая измеренные величины с предельно-допустимыми (критериальными) значениями, определенными по СП 52-101-03 (зависимость 7.13) в предположении действия расчетных значений сопротивления арматуры R_s. При этом предельное допускаемое значение для ширины раскрытия трещин определяется по представленной выше зависимости, в которой напряжения в арматуре σ_s принимаются равными расчетному сопротивлению арматуры R_s.

7.4.2.5 Состояние сооружения по второй группе ПС (по долговечности) для ширины раскрытия магистральных трещин принимаются по действующим НД, сравнивая измеренную ширину раскрытия магистральной трещины с допускаемыми пределами по п. 7.2.3 СП 52-101-03.

7.4.3 Определение критериальных значений ЖБК при проведении специализированных обследований

7.4.3.1 При назначении специализированных обследований в обязательном порядке выполняются расчеты сооружения МКЭ с применением вычислительных программных комплексов, в результате которых определяются усилия (изгибающий момент, продольная и поперечная силы и др.) в выделенных для анализа технического состояния расчетных сечениях ЖБК. При этом в расчетах принимаются фактические физико-механические характеристики материалов сооружения, определяемые по результатам специализированных обследований.

7.4.3.2 Критерии К1 по первой группе ПС по напряжениям в продольной и поперечной арматуре [σ_s] и бетоне [σ_b] определяются расчетным путем аналогично напряженному состоянию, определяемому при проведении инструментальных обследований (п. 7.4.1.5, 7.4.1.6, 7.4.1.7).

7.4.3.3 Критерии К2 по первой группе ПС по напряжениям в арматуре и бетоне принимаются аналогичным путем, что и при визуальных и инструментальных обследованиях: расчетные сопротивления материалов в соответствии с СП 52-101-03.

7.4.3.4 Предельное допускаемое значение для ширины раскрытия трещин по первой группе ПС определяется аналогичным путем, что и при визуальных и инструментальных обследованиях (п.7.4.2.4)

7.4.3.5 Предельное допускаемое значение для ширины раскрытия трещин по второй группе ПС определяется аналогичным путем, что и при визуально-инструментальных обследованиях (п. 7.4.2.5).

7.4.4 Критерии технического состояния металлоконструкций

7.4.4.1 Основными критериями технического состояния МК являются напряжения в сечениях и деформации – прогибы, отклонения от продольной оси, смещения относительно разбивочных осей.

7.4.4.2 Предупреждающим критерием К1 для являются прогибы, которые определяются расчетом при эксплуатационных нагрузках. Допускается при анализе результатов инструментальных обследований расчет деформаций производить по приближенным консервативным схемам – по расчету балок, рам, ферм и др. элементов.

7.4.4.3 Если при инструментальном обследовании установлено превышение значений прогибов по критерию К1, проводят непосредственные измерения напряжений методом разгрузки и значения напряжений сравнивают с критерием по напряженному состоянию.

7.4.4.4 Аварийный критерий К2 принимается по предельным значениям прогибов, величины которых приведены в таблице 19 СНиП 2.01.07-85* и по предельно допустимым напряжениям соответствующим расчетным сопротивлениям стали, приведенным в таблице 51* приложения 1 СНиП II-23-83* (Приложение В СП 16.13330.2011).

7.4.4.5 Напряжения при эксплуатационных нагрузках устанавливают расчетными методами по расчетным схемам, принятым при проектировании.

7.4.4.6 При проведении специализированного обследования полученные (измеренные) параметры сравнивают с критериями К1 и К2 по напряжениям и по деформациям.

7.5. Оценка технического состояния СКЗиС АС по категориям

Основной принцип оценки технического состояния СКЗиС - определение категории состояния СК-по результатам сравнения измеренных параметров при обследовании с предельно допустимыми параметрами (критериями).

Оценка технического состояния конструкций по категориям в зависимости от результатов контроля ОП и расчетов НДС выполняется в соответствии с таблицей 7.4.

Таблица 7.4 Оценка технического состояния СК по категориям

Категория (состояние)	Техническое состояния	Мероприятия
I Исправное	Все параметры, определяющие техническое состояние, соответствуют проекту	Не требуются
II Работоспособное	Основные параметры (напряжения, деформации) ниже предупреждающего критерия К1. Прочность СК по первой группе ПС обеспечивается. Обнаружено превышение раскрытие трещин над допустимыми пределами по второй группе ПС – долговечности, установлена повышенная карбонизация бетона, вследствие протечек, наличие коррозии металлоконструкций. СК могут эксплуатировать без ограничений.	Необходимо организовать мониторинг за параметрами, превышающими предельные значения: фиксируется динамика развития трещин, динамика развития коррозии
III Ограниченно работоспособное	Основные параметры, определяющие состояние СК, превосходят предупреждающий критерий К1, но ниже аварийного критерия К2, что может вызвать при особых воздействиях снижение несущей способности, но при этом отсутствует опасность внезапного хрупкого разрушения (анализ воздействий поперечных сил).	Проводятся мероприятия по снижению нагрузки, либо принимается решение об усилении конструкций. Организуется инструмен-тальный мониторинг.
IV Аварийное	Основные параметры, определяющие состояние СК, достигли величин аварийных критериев К2. Напряжения в конструкциях достигли расчетных сопротивлений, деформации – предельно-допустимых, наклонные трещины имеют деформации смещения.	Сооружение выводится из эксплуатации

8 Методика определения остаточного ресурса СКЗиС АС

8.1 Методика расчета ресурса по анализу прочности бетона

8.1.1 При определении остаточного ресурса ЖБК допускается анализировать изменение прочности бетона во времени при выполнении двух условий:

а) нагрузки и воздействия не изменились за предшествующий период эксплуатации. Проектная прочность бетона соответствует этим нагрузкам;

б) прочность бетона при обследовании превышает проектную прочность бетона.

8.1.2 Для определения ресурса ЖБК по анализу прочности бетона необходимо рассматривать совместно графики изменения (снижения) прочности бетона во времени и проектной прочности бетона (рис. 8.1). Пересечение двух указанных графиков соответствует остаточному ресурсу (времени достижения ПС).

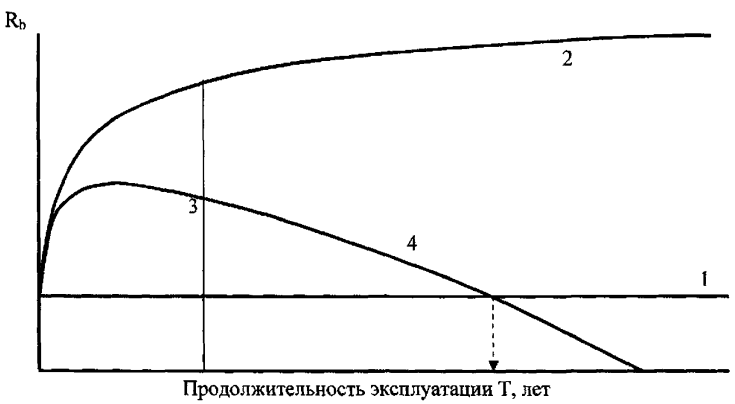


Рисунок 8.1 – Графическое представление прогноза ресурса (составлено в соответствии с разделом 7.2.3).

Цифрами на рисунке обозначены: 1 – проектная прочность бетона конструкции; 2 – теоретическая кривая набора прочности бетона в условиях нормальной влажности; 3 – прочность бетона, соответствующая моменту

проведения обследования; 4 – прогнозируемое изменение прочности бетона в реальных условиях.

8.1.3 Прочность бетона (изменение прочности бетона) во времени может быть определена двумя способами:

а) путем статистической обработки представительного ряда результатов обследований с построением соответствующей прогнозной зависимости (графика изменения (снижения) прочности бетона во времени);

б) при недостаточном количестве результатов обследований (при отсутствии представительного ряда данных) допускается использование методики длительной прочности бетона, приведенной в разделе 7.2.3.

8.1.4 Основная зависимость методики расчета длительной прочности бетона, на основе которой определяется прочность бетона в некоторый момент времени *t*, при определении остаточного ресурса ЖБК, приведена в п.7.2.3, формула 7.5.

8.2 Методика расчета ресурса по изменению напряженного состояния во времени

8.2.1 Остаточный СКЗиС в целом определяется ресурсом их отдельных элементов.

Остаточный ресурс СКЗиС определяется с учетом достижения предельных значений ОП технического состояния для его отдельных элементов.

Процедура определения остаточного ресурса после окончания проектного срока службы выполняется при очередных и специализированных обследованиях.

Пример расчета остаточного ресурса по напряженному состоянию приведен в Приложении Г.

8.2.2 Анализ определяющих параметров ЖБК АС

8.2.2.1 Для определения ресурса необходимо получить зависимость изменения прочности материалов во времени:

- построение графика зависимости прочности бетона при сжатии R_b (при растяжении R_{bt}) выполняется на основе результатов непосредственных натурных измерений в ходе обследований (1 раз в четыре года);

- в случает отсутствия натурных данных используется методика, изложенная в разделе 7.2.3.

8.2.2.2 Для определения ресурса необходимо использовать принцип совместного решения уравнений - анализа зависимостей предельных значений и соответствующих параметров в зависимости от изменения прочности материалов во времени.

8.2.2.3 Для определения остаточного ресурса ЖБК необходимо использовать основные положения НД, проводя многопараметрический анализ.

а) На первом этапе должен проводиться расчет усилий и напряженного состояния СК с учетом уточненных воздействий и результатов обследований.

б) На втором этапе – расчет сечений по СНиП:

- растянутая зона (параметр – напряжения в продольной арматуре σ_s) - изменение напряжений в арматуре во времени в зависимости от снижения прочности бетона от действия изгибающих моментов и нормальных сил (рисунок 8.1);

- сжатая зона (параметр – относительная высота сжатой зоны ξ) - изменение относительной высоты сжатой зоны во времени в зависимости от снижения прочности бетона (рисунок 8.2);

- действие поперечных сил (параметр – поперечная сила, воспринимаемая бетоном Q_b, напряжения в поперечной арматуре σ_{sw}) - анализ сопротивления ЖБК воздействию поперечных сил (рисунки 8.3, 8.4).

8.2.2.4 Возрастание растягивающих напряжений в поперечной рабочей арматуре σ_{sw} происходит вследствие уменьшения сопротивления сжатой зоны в наклонном сечении.

8.2.2.5 Напряжения в арматуре на каждом итерационном этапе определяется по соотношению вычисленной площади сечения арматуры к установленной в соответствии с формулой 7.7.

8.2.2.6 Срок службы сооружения устанавливается по наименьшему из перечисленных параметров.

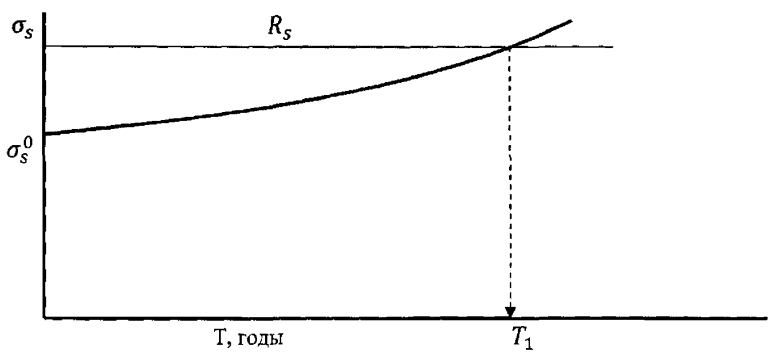


Рисунок 8.2 – Параметр – напряжения в продольной арматуре σ_s.

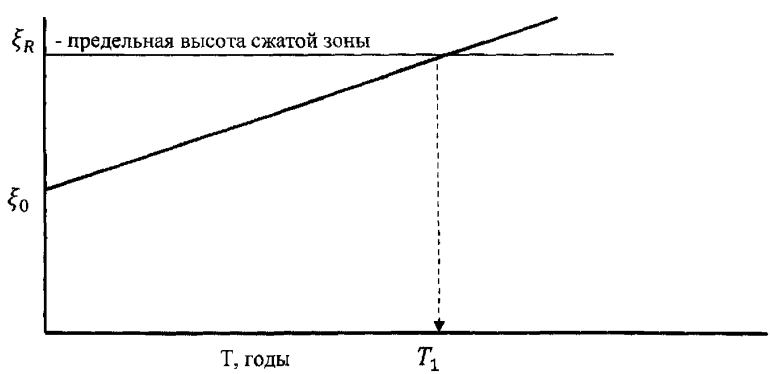


Рисунок 8.3 – Параметр – относительная высота сжатой зоны ξ.

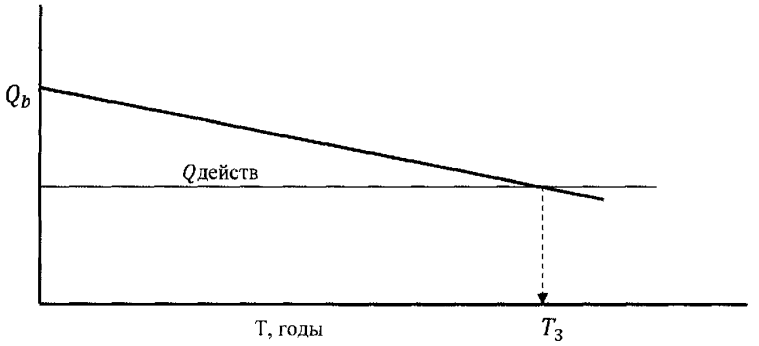


Рисунок 8.4 – Параметр – поперечная сила Q.

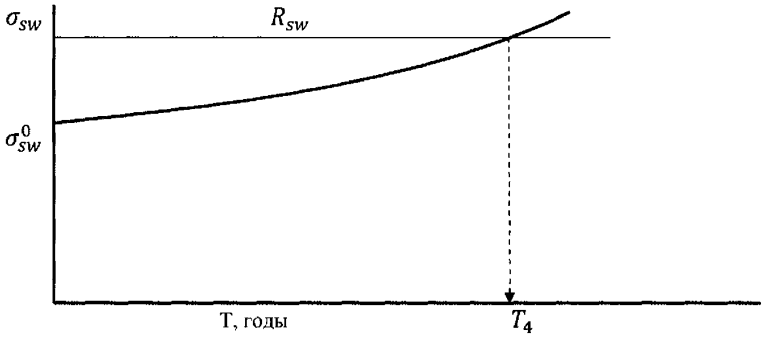


Рисунок 8.5 – Параметр – напряжения в поперечной арматуре σ_{sw}.

Приложение А

(справочное)

Перечень рекомендуемой нормативной и технической документации

ГОСТ 9.311-87. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений

ГОСТ 1778-70. Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений

ГОСТ 2999-75*. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу.

ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна

ГОСТ 5640-68. Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты

ГОСТ 6996-66*. Сварные соединения. Методы определения механических свойств

ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод

ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталоны микроструктуры

ГОСТ 8829-77. Конструкции и изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.

ГОСТ 9012-59. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю

ГОСТ 9013-59. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Роквеллу

ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытаний на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах

ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам

ГОСТ 10243-75. Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры

ГОСТ 12730.4-78. Бетоны. Метод определения показателей пористости

ГОСТ 12730.5-78. Бетоны. Метод определения водопроницаемости

ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые

ГОСТ 17625-83. Конструкции и изделия железобетонные. Методы определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры просвечиванием ионизирующими излучениями

ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования

ГОСТ 18661-73. Сталь. Измерение твердости методом ударного отпечатка

ГОСТ 18835-73. Металлы. Метод измерения пластической твердости

ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения

ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод

ГОСТ 22362-77. Конструкции железобетонные. Методы измерения силы натяжения арматуры

ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля

ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия

ГОСТ 22762-77 Металлы и сплавы. Метод измерения на пределе текучести вдавливанием шара.

ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры

ГОСТ 25.506-85. Расчет и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения при статическом нагружении)

ГОСТ 25866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения

ГОСТ Р 27.002-2009. Надежность в технике. Термины и определения

РД ЭО 0027-2005. Инструкция. Определение характеристик механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости

СТО 1.1.1.01.007.0281-2010. Управление ресурсными характеристиками элементов энергоблоков атомных станций (с изменением № 1 2010 г.)

ПНАЭГ 1514-72. Оборудования и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля

СП 27.13330.2011. Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. Актуализированная редакция СНиП 2.03.04-84.

ГОСТ Р8.568-97. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

ГОСТ 2601-84. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий

РД ЭО 0141-98. Типовые технические требования к методикам оценки технического состояния и остаточного ресурса элементов энергоблоков АС

СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85

НП-017-2000 Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции

НП-024-2000 Требования к обоснованию возможности продления назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии

Приложение Б

(справочное)

Определение степени карбонизации и pH водной вытяжки проб взятых кернов

Существует несколько методов определения степени карбонизации бетона. Объемный метод заключается в определении объема CO_2 (углекислого газа), выделяющегося из растертой пробы при обработке ее соляной кислотой:

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl + H_2O + CO_2 \qquad (Б.1)$$

Б.1 Определение степени карбонизации

Исследование карбонизации выполняется с помощью прибора кальциметра, представленного на рисунке Б.1. По объему вытесненного из пробы углекислого газа вычисляются содержание в ней карбоната.

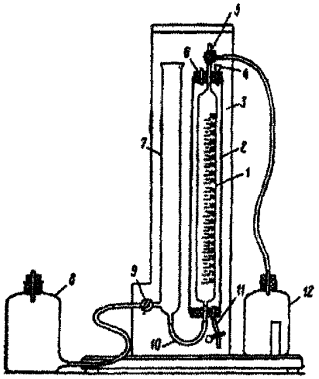


Рисунок Б.1 – Кальциметр

Прибор состоит из бюретки 1, градуированной до 250 $см^3$, помещенной в закрытый стеклянный цилиндр 2, укрепленный на штативе 3. Защитный цилиндр сверху и снизу закрыт пробками. В верхней пробке имеется воронка 4 для заполнения цилиндра водой и трубка 6 для выхода воздуха. Нижняя пробка имеет трубку 11 с зажимом для слива воды. Нижний конец бюретки резиновой трубки 10 соединен уравнительным стеклянным цилиндром 7, укрепленным на том же штативе. Уравнительный цилиндр в нижней части имеет боковой отвод

с краном 9. Кран резиновой трубкой соединен с тубусом бутыли 8, закрытой пробкой с отводной трубкой. Верхний конец бюретки имеет трехходовой кран 5, соединенный резиновой трубкой со специальной склянкой 12, в которую впаяна пробирка. В этой склянке производится обработка породы кислотой. Перед анализом проверяют на герметичность, а затем бюретку и сообщающийся с ней уравнительный цилиндр заполняют насыщенным раствором хлористого натрия до метки на верхнем конце бюретки. Анализ породы производят следующим образом.

Из пробы породы, растертой в порошок и высушенной при температуре 100-105 °С, берут навеску 1 г, и помещают в специальную склянку 12. При помощи пипетки во впаянную пробирку осторожно вливают 10%-ную соляную кислоту из расчета 10 $см^3$ на 1,0 г породы. Поворотом трехходового крана 5 соединяют бюретку 1 со склянкой 12, после чего ее наклоняют и выливают соляную кислоту из пробирки. Склянку 12 следует несколько раз встряхнуть, чтобы порода была полностью смочена кислотой. Выделяющиеся при этом углекислота будет поступать в бюретку и вытеснять из нее жидкость. Открыв кран 9 у уравнительного цилиндра 7, дают возможность части жидкости, вытесняемой газом, стечь в бутыль 8, пока уровень жидкости в цилиндре не установиться на уровне в бюретке.

Зная количество выделившейся углекислоты, можно путем пересчета получить количество углекислого кальция, находящегося в исследуемой породе, по формуле:

$$x = \frac{Vb \cdot 10}{44a}, \qquad (Б.2)$$

где x – процентное содержание $CaCO_3$ в исследуемой породе;

V – объем углекислоты, вытесняемой из породы;

b – вес 1 $см^3$ углекислоты, в зависимости от температуры и давления, г

a – вес навески породы, взятой для анализа, г;

44 – молекулярный вес CO_2.

Б.2 Определение концентрации ионов водорода – pH

Для определения pH твердых материалов (проб) готовят водные вытяжки из отобранных проб.

Для этого навеску пробы 10г, предварительно измельченную до мелкозернистого состояния, высушенную при 105 °С, помещают в мерную колбу емкостью 200 мл, заливают 20-кратным количеством воды, не содержащей углекислоты, перемешивают в течение 10-15 минут и сутки выдерживают, перемешивая время от времени. По истечении этого срока приступают к анализу.

Величину pH водной вытяжки определяют на pH-метре марки pH – 150 МА.

Приложение В

(обязательное)

Предельные и/или допустимые значения деформаций и дефектов металлических конструкций

Таблица В1 (начало)

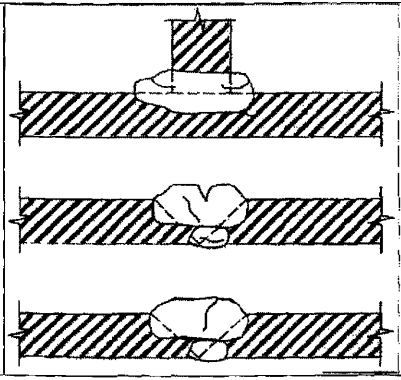
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
Сварные соединения				
1	Трещины в швах или околошовной зоне всех видов и размеров		Не допускаются	Подлежат устранению во всех случаях

Таблица В1 (продолжение)

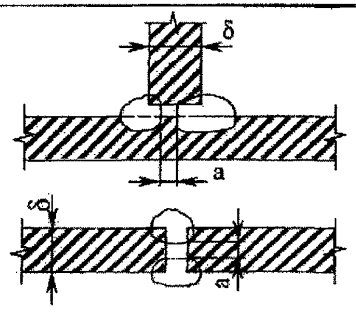
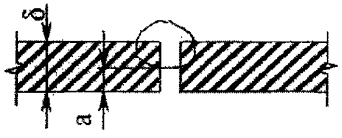
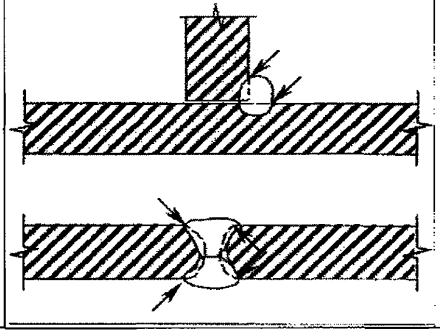
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
2	Непровары по сечению швов в соединениях, доступных сварке с двух сторон		a ≤ 0,5δ, но не более 2 мм. Длина участка непровара должна быть не более 50 мм. Общая длина непроваренных участков допускается не более 200 мм на 1 м погонной длины шва. Расстояние между соседними непроваренными участками должно быть не менее 250 мм	Подлежат удалению на длину дефектного места плюс по 15 мм с каждой стороны и завариваются вновь.
3	Непровары в корне шва в соединениях без накладок, доступных сварке только с одной стороны		a ≤ 0,55, но не более 3 мм.	
4	Несплавления по кромкам, непровары в стыковых швах, а также непровары в швах на участках угловых и тавровых соединений, где проектом предусмотрено сквозное проплавление		Не допускаются	

Таблица В1 (продолжение)

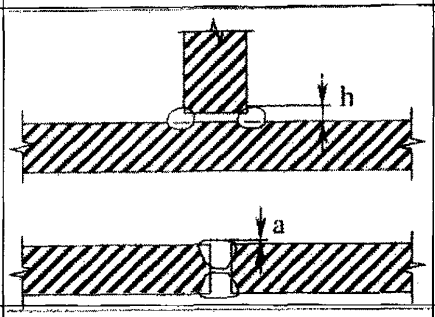
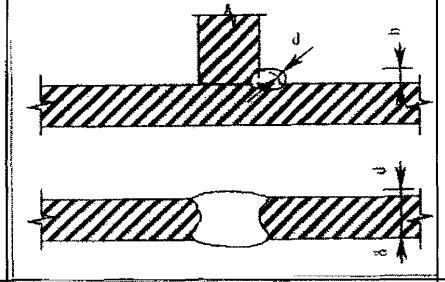
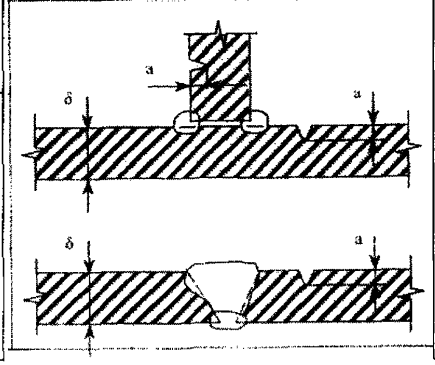
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
5	Неполномерность или наплывы шва при ручной и полуавтоматической сварке: углового стыкового		От расчетной высоты шва: $h = +2$ мм $a = +3$ мм	Необходимость устранения дефекта выявляется поверочным расчетом с учетом фактических размеров шва
6	Чрезмерное усиление валика шва		$d \le 0{,}2\ h_ш$ $d \le 0{,}2\ \delta$ или не более 4 мм при $\delta > 20$ мм	
7	Подрезы основного металла		$a \le 0{,}5$ мм при $4 \le \delta \le 10$ мм; $a \le 1{,}0$ мм при $\delta > 10$ мм	Указанные дефекты должны быть устранены, если они являются очагами возникновения трещин в швах данной или подобной конструкции, работающей в аналогичных условиях в данном помещении
8	Подрезы основного металла вдоль усилия и местные подрезы (до 25% длины шва) поперек направления усилия			

Таблица В1 (продолжение)

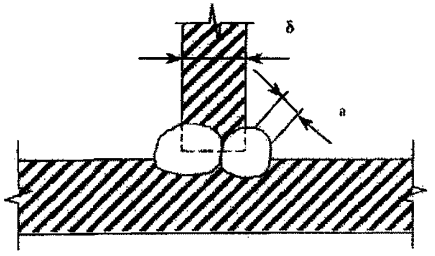
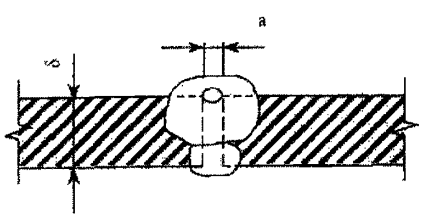
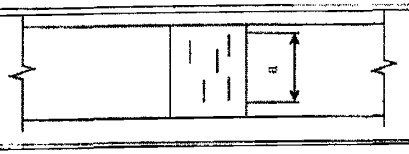
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
9	Подрезы поперек направления усилия		$a \leq 0{,}5$ мм при $\delta > 20$ мм; $a \leq 1{,}0$ мм при $\delta > 10$ мм;	
10	Отдельные шлаковые или газовые включения (поры) либо скопления их		a - не более 10% толщины свариваемого металла, но не более 3 мм	Участки швов, где имеются шлаковые включения, газовые поры, наличие которых недопустимо или ограничено, удаляются на длину дефектного места плюс по 15 мм с каждой стороны и завариваются вновь
			a - не более 2 мм в количестве не более 6 дефектов на участке шва длиной 400 мм или не более одной группы этих же дефектов на этой же длине. Расстояние между дефектами должно быть не менее 10 мм	
11	Шлаковые включения или поры, расположенные цепочкой вдоль шва		Суммарная длина $a \leq 200$ мм на 1 м погонной длины сварного шва	

Таблица В1 (продолжение)

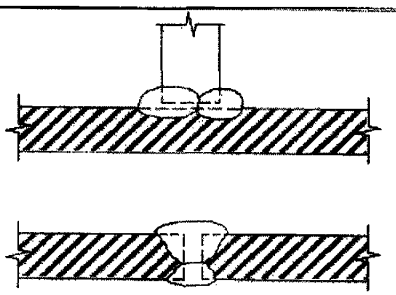
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
12	Шлаковые включения или поры, образующие сплошную линию вдоль шва		Не допускаются	
13	Скопление газовых пор и шлаковых включений на отдельных участках шва		Не более 5 шт. на 1 $см^2$ площади шва при диаметре одного дефекта ≤ 1,5 мм	
14	Суммарное значение непровара шлаковых включений и пор, расположенных отдельно или цепочкой при: двусторонней сварке односторонней сварке без подкладок		Не более 10% толщины свариваемого металла, но не более 2 мм 15% толщины свариваемого металла, но не более 3 мм	Тоже
15	Резкие переходы от основного к наплавленному металлу, наплывы, натеки, сужения, кратеры и прерывы шва		Не допускаются	Все обнаруженные кратеры, прерывы и сужения швов должны завариваться с предварительной тщательной подготовкой (зачисткой) поверхности

Таблица В1 (продолжение)

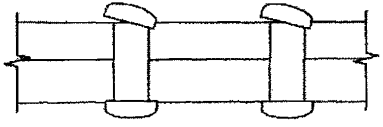
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
Болтовые и заклепочные соединения				
16	Отсутствие болта или проворачивание его от руки (кроме монтажных)		Не допускаются	Следует установить новый болт или потянуть существующий
17	Отсутствие заклепки, отсутствие головки или проворачивание ее от руки		Не допускаются	Следует установить новую заклепку или болт
18	Дрожание или перемещение головки заклепки под ударом контрольного молотка массой 300-400 г		Не допускаются	Дефектные заклепки подлежат замене на новые заклепки или болты
19	Смещение осей заклепочных рисок в решетчатых конструкциях от нормативных		< 3 мм	Необходимость устранения дефекта определяется поверочным расчетом с учетом фактических отклонений
20	Неплотное прилегание головки к склепываемому пакету		Щуп толщиной 0,2 мм не должен проходить вглубь под головку более чем на 3 мм	При отсутствии дрожания и проворачивания заклепок, а также других повреждений в конструкциях указанные дефекты могут быть оставлены без исправления

Таблица В1 (продолжение)

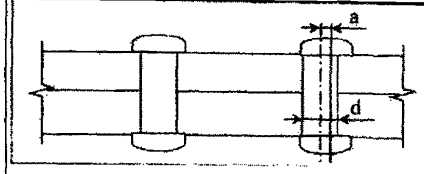
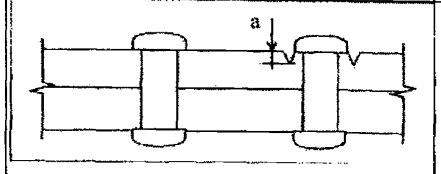
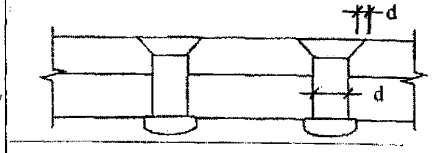
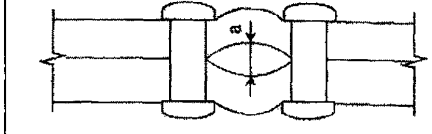
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
21	Смещение головки с оси стержня		$a \leq 0,1\ d$	То же
22	Зарубка металла обжимкой		$a \leq 0,5$ мм	-«-
23	Зарубка головки заклепки		$h \leq 2,0$ мм (h - глубина зарубки)	-«-
24	Неплотное заполнение потайной заклепки по диаметру		$a \leq 0,1\ d$	-«-
25	Неплотность склепываемого пакета		Щуп толщиной 0,3 мм не должен проходить вглубь между склепанными деталями более, чем на 20 мм (вне зоны расположения заклепок)	Неплотности склепывания пакета рекомендуется инъецировать полимерными композициями или другими материалами, препятствующими развитию коррозии

Таблица В1 (продолжение)

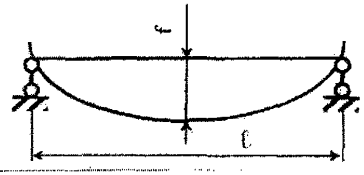
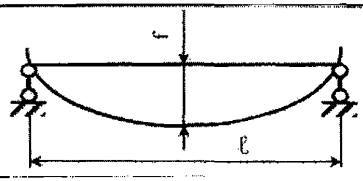
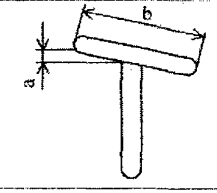
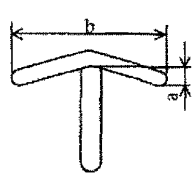
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
		Элементы конструкций		
26	Трещины в основном металле элементов конструкций		Не допускаются	
27	Стрелка прогиба (кривизна) между точками закрепления участков сжатого пояса из плоскости фермы, ригеля или балки		$f \le l/750$, но не более 15 мм	Устранение прогибов диктуется эстетическими соображениями или условиями нормальной эксплуатации
28	Стрелка прогиба отдельного сжатого элемента		$f \le l/750$, но не более 15 мм	То же
29	Винтообразность элементов		0,001l (l - длина элемента), но не более 10 мм [0,005l, но не более 20 мм]	Повреждения устраняются в случаях, когда они препятствуют нормальной эксплуатации конструкций: нарушают опирание и примыкание других элементов, ухудшают положение подкранового рельса и др.
30	Перекос полок элементов таврового и двутаврового сечений: в стыках и местах примыканий в остальных местах		$a \le 0{,}005b$ [$a \le 0{,}01b$] $a \le 0{,}01b$ [$a \le 0{,}02b$]	
31	Грибовидность полок элементов тавровых и двутаврового сечений: в стыках и местах примыканий в остальных местах		$a \le 0{,}005b$ [$a \le 0{,}01b$] $a \le 0{,}01b$ [$a \le 0{,}02b$]	

Таблица В1 (продолжение)

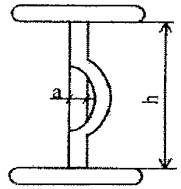
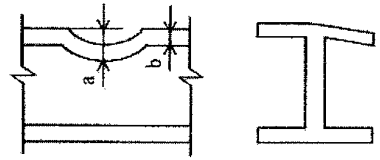
№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
32	Выпучивание стенки сплошной балки: в сжатой зоне в растянутой		$a \le 0{,}003h$ $[a \le 0{,}01h]$	Необходимость устранения дефекта при $a > 0{,}01h$ устанавливается расчетом. При этом учитывается только неповрежденная часть сечения, которая должна быть меньше 75% первоначальной площади. Необходимость устранения дефекта определяется условиями эксплуатации
33	Местные погнутости (вмятины): в сжатой зоне		$a \le 0{,}1\delta$ $[a \le 0{,}2\delta]$	Необходимость устранения дефекта при $a > 0{,}2\delta$ устанавливается расчетом, при этом учитывается только неповрежденная часть сечения, которая должна быть меньше 75% первоначальной площади
	в растянутой зоне			Необходимость устранения дефекта определяется условиями эксплуатации

Таблица В1 (продолжение)

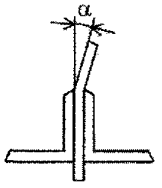
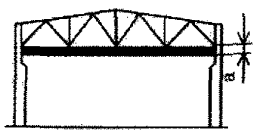
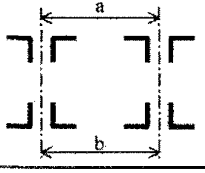
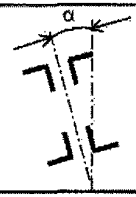
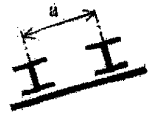
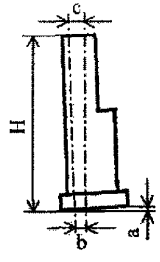
№ п.п	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
34	Погнутость узловых фасонок: при наличии трещин В случае примыкания сжатого элемента с напряжением в ней более половины расчетного сопротивления В остальных случаях		Не допускаются $tg\ a \le 0,01$ [$tg\ a \le 0,1$] $tg\ a \le 0,01$ [$tg\ a \le 0,2$]	При больших углах перегиба фасонок указанный дефект может быть оставлен при условии установки связей или элементов жесткости, препятствующих увеличению угла перегибов фасонки
Взаимное расположение конструкций				
35	Отклонение отметок опорных узлов ферм, ригелей: для бескаркасных зданий для зданий с мостовыми кранами		$a \le \pm 20$ мм [$a \le \pm 40$ мм] $a \le \pm 15$ мм [$a \le \pm 30$ мм]	Необходимость устранения дефектов устанавливается на основе поверочных расчетов и условий эксплуатации
36	Отклонение расстояний между осями ферм по верхнему поясу		$a-b \le \pm 15$ мм [$a--b \le \pm 20$ мм]	

Таблица В1 (окончание)

№ п.п.	Дефект или повреждение	Эскиз	Предельные отклонения	Примечание
37	Отклонение стропильных ферм от вертикальной плоскости: на опоре в середине пролета		a ≤ 5 мм [a ≤ 10 мм] a ≤ 10 мм [a ≤ 15 мм]	
38	Отклонение расстояний между прогонами и между балками для установки опор транспортера		a = ±5 мм [a = ±10 мм] (a- расстояние между прогонами по проекту)	Необходимость устранения дефектов устанавливается на основе поверочных расчетов и условий эксплуатации
39	Отклонение отметки опорной поверхности колонн и опор		a ≤ ±5 мм [a ≤ ±7 мм]	Значение указанных отклонений могут быть допущены при условии выполнения требований в отношении подкрановых путей, определенных НП-043-03, СНиП 2.01.07-85*
40	Смещение осей колонн и опор относительно разбивочных осей (в нижнем сечении)		b ≤ ±5 мм [b ≤ ±10 мм]	
41	Отклонение оси колонны и опоры от вертикали в верхнем сечении при высоте, м: до 15 более 15		c ≤ 15 мм [c ≤ +20 мм], но не более 35мм c ≤ 0,001H [c ≤ 0,0015H], но не более50 мм	
42	Стрела прогиба (кривизна): колонны опоры		1/750H, но не более 15 мм [1/500H, но не более 25 мм] 1/750 длины элемента между точками закрепления, но не более 15 мм	

ПРИМЕЧАНИЕ: Значения в квадратных скобках – предельные отклонения дефектов и повреждений металлических конструкций при эксплуатации

Приложение Г

Пример расчета остаточного ресурса для стеновой конструкции АЭС по изменению напряженного состояния во времени

Исходные данные:

$h_0 = 113$ см – рабочая высота сечения;

$H = 120$ см – высота сечения;

$a = 7$ см – расстояние от равнодействующих усилий в арматуре до ближайшей грани сечения

$A_s = 40$ см^2 – площадь сечения арматуры А-III – класс арматуры;

$E_s = 2000000 \frac{кг}{см^2}$ - модуль упругостиарматурной стали;

$\sigma_s = 3000 \frac{кг}{см^2}$ – напряжения в арматуре;

$Q = 10{,}2$ т – поперечная сила; Бетон В15…В20 (В17.5) – класс бетона по прочности;

$R_b = 100 \frac{кг}{см^2}$ – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для

ПС первой группы; $E_b = 257500 \frac{кг}{см^2}$ – начальный модуль упругости бетона

$k_R = 4 \frac{кг}{см^2}$ – коэффициент интенсивности снижения прочности бетона вследствие деструктивных процессов.

$$\mu = \frac{40}{113 \cdot 100} = 0{,}00354 \text{ – коэффициент армирования;}$$

$$n = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2000000}{257500} = 7{,}767 \text{ – отношение модулей упругости арматурной стали к модулю упругости бетона;}$$

$$n \cdot \mu \cdot h_0 = 7{,}767 \cdot 0.00354 \cdot 113 = 3{,}107;$$

$$x = -3{,}107 + \sqrt{9652 + 702{,}132} = 23{,}572 \text{ см – высота сжатой зоны;}$$

$$N_s = \sigma_s \cdot A_s = 3000 \cdot 40 = 120000 \text{ кг} = 120{,}0 \text{ т - усилия в арматуре;}$$

$$z_s = h_0 - \frac{x}{3} = 113 - \frac{23{,}57}{3} = 105{,}14 \text{ см - плечо внутренней пары сил;}$$

$$\frac{x}{h_0} = \frac{23{,}57}{113} = 0{,}21 \text{ – относительная высота сжатой зоны;}$$

$M = N_s \cdot z_s = 120000 \cdot 105{,}14 = 12617109$ кг · см - момент, воспринимаемый продольной арматурой.

Из равенства усилий в арматуре и бетоне и учитывая, что

$$N_b = N_s = \frac{1}{2}\sigma_b \cdot b \cdot x$$

находим напряжения в бетоне

$$\sigma_b = \frac{2N_s}{b \cdot x} = \frac{2 \cdot 120000}{100 \cdot 23.57} = 101{,}82 \text{ кг/см}^2$$

Так как $\sigma_b \approx R_b$, далее рассматриваем прямоугольную эпюру напряжений в сжатой зоне. При прямоугольной эпюре находим высоту сжатой зоны:

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{R_b \cdot b}} = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 12617109}{100 \cdot 100}} = 113 - 101{,}22 = 11{,}78 \text{ см}$$

$$\frac{x}{h_0} = \frac{11{,}78}{113} = 0{,}104 - \text{ относительная высота сжатой зоны;}$$

Используя соотношение (8.1) прочность бетона через 8 лет будет равна:

$$R_b^8 = R_b^0 - k_R \cdot t = 100 - 4 \cdot 8 = 68 \text{ кг/см}^2$$

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{R_b \cdot b}} = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 12617109}{68 \cdot 100}} = 113 - 95{,}17 = 17{,}83 \text{ см} -$$

высота сжатой зоны

$$z_s = h_0 - \frac{x}{2} = 113 - \frac{17{,}83}{2} = 104{,}09 \text{ см} - \text{ плечо внутренней пары сил;}$$

$$\frac{x}{h_0} = \frac{17{,}83}{113} = 0{,}158 \text{ - относительная высота сжатой зоны;}$$

$$N_s = \frac{M}{z_s} = \frac{12617109}{104{,}19} = 121213{,}45 \text{ кг} - \text{усилия в арматуре;}$$

$$\sigma_s = \frac{N_s}{A_s} = \frac{121213{,}45}{40} = 3030{,}3 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} - \text{ напряжения в арматуре.}$$

Прочность бетона через 16 лет равна:

$$R_b^{16} = R_b^0 - k_R \cdot t = 100 - 4 \cdot 16 = 36 \text{ кг/см}^2$$

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{R_b \cdot b}} = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 12617109}{36 \cdot 100}} = 113 - 75{,}89 = 37{,}11 \text{ см}$$

$$z_s = h_0 - \frac{x}{2} = 113 - \frac{37{,}11}{2} = 94{,}45 \text{ см}$$

$$\frac{x}{h_0} = \frac{37{,}11}{113} = 0{,}328$$

$$N_s = \frac{M}{z_s} = \frac{12617109}{94{,}45} = 133585{,}06 \text{ кг}$$

$$\sigma_s = \frac{N_s}{A_s} = \frac{133585{,}06}{40} = 3339{,}6 \text{ кг/см}^2$$

Прочность бетона через 20 лет равна:

$$R_b^{20} = R_b^0 - k_R \cdot t = 100 - 4 \cdot 20 = 20 \text{ кг/см}^2$$

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{R_b \cdot b}} = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 12617109}{20 \cdot 100}} = 113 - 12{,}32 = 100{,}68 \text{ см} > 0{,}6h_0 = 67{,}8 \text{ см}$$

$$z_s = h_0 - \frac{x}{2} = 113 - \frac{67{,}8}{2} = 79{,}1 \text{ см}$$

$$\frac{x}{h_0} = \frac{100.68}{113} = 0.89 > 0{,}6$$

$$N_s = \frac{M}{z_s} = \frac{12617109}{79{,}1} = 159508{,}3 \text{ кг}$$

$$\sigma_s = \frac{N_s}{A_s} = \frac{159508{,}3}{40} = 3987{,}7 \text{ кг/см}^2 > R_s = 3750 \text{ кг/см}^2$$

Прочность бетона через 18 лет равна:

$$R_b^{18} = R_b^0 - k_R \cdot t = 100 - 4 \cdot 18 = 28 \text{ кг/см}^2$$

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{R_b \cdot b}} = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 12617109}{28 \cdot 100}} = 113 - 61{,}29 = 51{,}71 \text{ см}$$

$$\frac{x}{h_0} = \frac{51{,}71}{113} = 0{,}458 < 0{,}6$$

$$z_s = h_0 - \frac{x}{2} = 113 - \frac{51{,}71}{2} = 87{,}15 \text{ см}$$

$$N_s = \frac{M}{z_s} = \frac{12617109}{87{,}15} = 144774{,}6 \text{ кг}$$

$$\sigma_s = \frac{N_s}{A_s} = \frac{144774{,}6}{40} = 3619{,}4 \text{ кг/см}^2 < R_s = 3750 \text{ кг/см}^2$$

Прочность бетона через 19 лет равна:

$$R_b^{19} = R_b^0 - k_R \cdot t = 100 - 4 \cdot 19 = 24 \text{ кг/см}^2$$

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{R_b \cdot b}} = 113 - \sqrt{113^2 - \frac{2 \cdot 12617109}{24 \cdot 100}} = 113 - 47{,}48 = 65{,}52 \text{ см} < 0{,}6h_0 = 67{,}8$$

$$\frac{x}{h_0} = \frac{65{,}52}{113} = 0{,}58 < 0{,}6$$

Время					
0	100	23.6	0.21	3000	8.25
8	68	17.8	0.158	3030	6.21
16	36	37.1	0.328	3340	4.18
18	28	51.7	0.458	3619	3.7
19	24	65.5	0.58	3931	3.06
20	20	67.8	0.89	3988	2.84

Поперечная сила:

Графическая интерпретация полученных результатов представлена ниже.

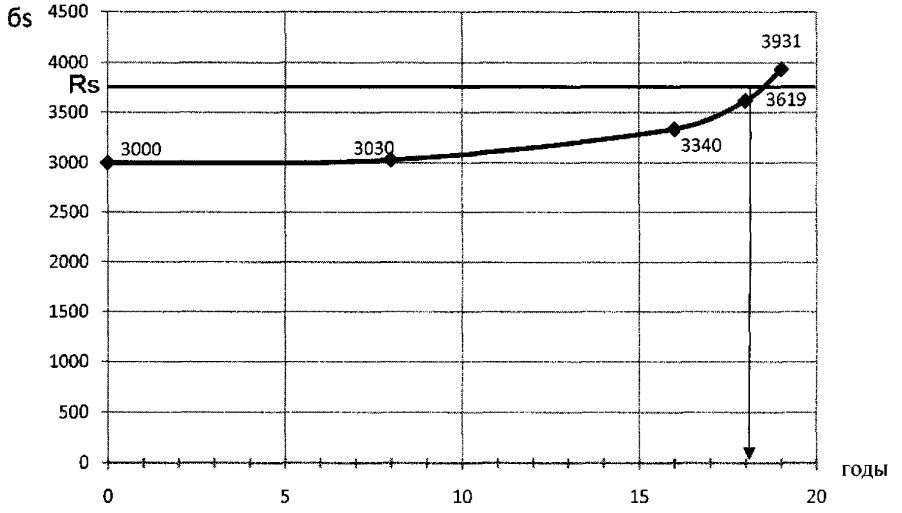


Рисунок Г.1 – Остаточный ресурс по напряжениям в арматуре (в)

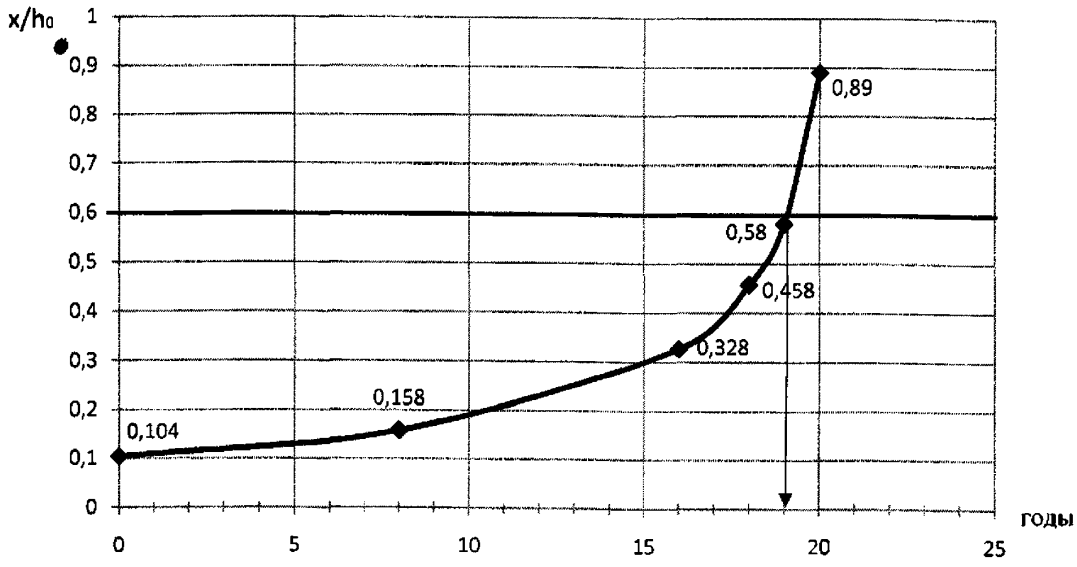


Рисунок Г.2 - Остаточный ресурс по высоте сжатой зоны бетона —

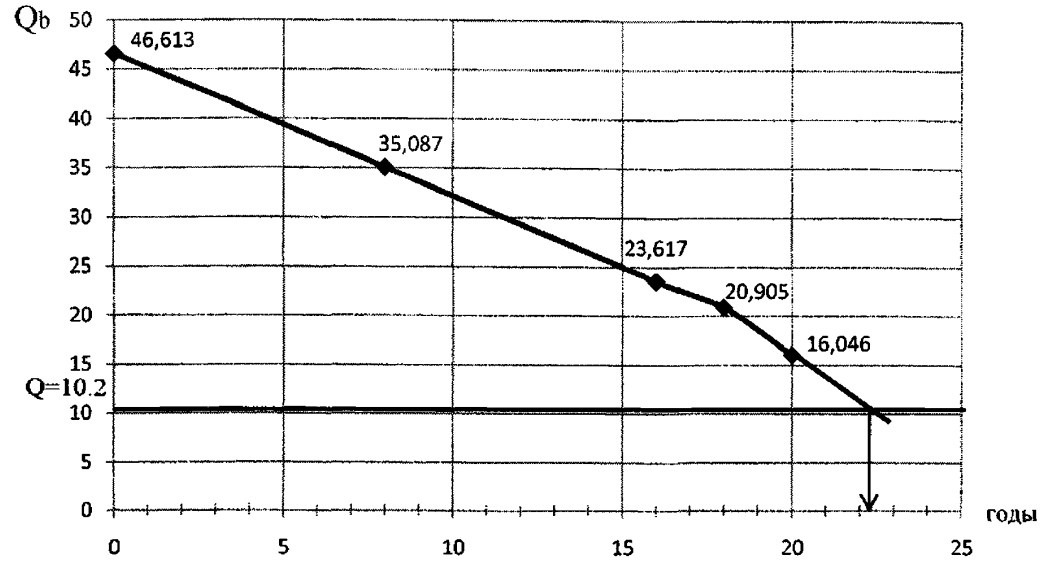


Рисунок Г.3 - Остаточный ресурс по поперечной силе

Из полученных результатов следует, что остаточный ресурс по напряжениям в арматуре составляет 18,4 лет, по высоте сжатой зоны – 19 лет, по поперечной силе – 22,2 года.

Выбирая из всех значений остаточного ресурса минимальное значение, получаем, что для данного примера остаточный ресурс стеновой конструкции АЭС равен 18,4 лет.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012
«Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций»
должностными лицами ОАО «Атомэнергопроект»

Первый заместитель генерального директора – директор по инжинирингу Л.В. Егоров

Начальник строительного отдела ГТУ Э.В. Захаров

Начальник БКП-2 С.Л. Белохин

Главный научный сотрудник БКП-7 В.Б. Николаев

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012
«Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций»

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель директора
по производству и эксплуатации АЭС

_____ О.Г. Черников
«23» 08 2012 г.

Заместитель директора
по производству и эксплуатации
АЭС– директор Департамента
инженерной поддержки

_____ Н.Н. Давиденко
«23» 08 2012 г.

Заместитель директора
по производству и эксплуатации
АЭС – директор Департамента по
техническому обслуживанию,
ремонту и монтажу АЭС

_____ А.Г. Крупский
«03» 08 2012 г.

Заместитель директора
по производству и эксплуатации
АЭС – директор Департамента
планирования производства,
модернизации и продления срока
эксплуатации

_____ А.А. Дементьев
«23» 08 2012 г.

Заместитель директора
по производству и эксплуатации АЭС –
директор Департамента контроля
безопасности и производства

_____ В.И. Верпета
«23» 08 2012 г.

Директор Департамента
по эксплуатации АЭС с канальными
и быстрыми реакторами

_____ А.А. Быстриков
«____» _____ 2012 г.

Директор Департамента
по эксплуатации АЭС
с реакторами ВВЭР

_____ Ю.М. Марков
«____» _____ 2012 г.

ЛИСТ ВИЗИРОВАНИЯ

РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012

«Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций»

Заместитель директора
Департамента инженерной поддержки –
начальник отдела диагностики и ресурса — Ю.П. Тетерин

Директор
Технологического филиала
ОАО "Концерн Росэнергоатом" — С.А. Карпутов

Заместитель директора
Технологического филиала
ОАО "Концерн Росэнергоатом" — В.В. Никифоров

Нормоконтролер — Н.Г. Пересветова
М.А. Михайлова

РОСЭНЕРГОАТОМ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ДИВИЗИОН РОСАТОМА

Открытое акционерное общество
«Российский концерн по производству электрической
и тепловой энергии на атомных станциях»

(ОАО «Концерн Росэнергоатом»)

ПРИКАЗ

02.04.2015 № 9/342-П

Москва

О введении в действие
Изменения № 1 к РД ЭО 0462-03

На основании протокола совещания о методике оценки технического состояния остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций от 26.02.2015 № АЭСП-29К(04-03)-2015 в целях обеспечения надежной и безопасной эксплуатации строительных конструкций зданий и сооружений в период проектного и дополнительного сроков эксплуатации энергоблоков атомных станций

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Ввести в действие с 10.05.2015 Изменение № 1 к РД ЭО 0462-03 «Методика по обоснованию срока службы строительных конструкций, зданий и сооружений АС с РБМК», введенного в действие приказом концерна «Росэнергоатом» от 10.11.2003 № 988 (далее – Изменение № 1, приложение).

2. Заместителям Генерального директора – директорам филиалов ОАО «Концерн Росэнергоатом» – действующих атомных станций, руководителям структурных подразделений центрального аппарата ОАО «Концерн Росэнергоатом» принять Изменение № 1 к руководству и исполнению.

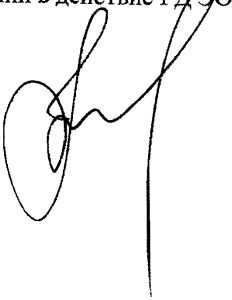
3. Департаменту планирования производства, модернизации и продления срока эксплуатации (Дементьев А.А.) внести в установленном порядке Изменение № 1 в Указатель технических документов, регламентирующих обеспечение безопасной эксплуатации энергоблоков АС (обязательных и рекомендуемых к использованию) и исключить из него документы, утратившие силу (п. 4 настоящего приказа).

4. Признать утратившим силу с 10.05.2015 приказ ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 20.03.2013 № 9/245-П «О введении в действие РД ЭО 1.1.2.99.0538-2011, РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012»: ТД/1106/01.04

- по пунктам 1, 2, 3 в части введения в действие, применения и внесения в Указатель технических документов, регламентирующих обеспечение безопасной эксплуатации энергоблоков АС (обязательных и рекомендуемых к использованию), РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012 «Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса строительных конструкций атомных станций»;

- по пункту 4 в части отмены действия приказа ФГУП концерн «Росэнергоатом» от 10.11.2003 № 988 «О введении в действие РД ЭО 0462-03».

Генеральный директор Е.В. Романов



А.А. Березанин
+7 (495) 710-65-68

gost.e-ecolog.ru