




Общество с ограниченной ответственностью
НАУЧНО-СЕРТИФИКАЦИОННЫЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И РЕСУРСА КОМПОНЕНТОВ ЯДЕРНОЙ ТЕХНИКИ
«ЦЕНТР МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И РЕСУРСА»
ООО «НСУЦ «ЦМР»

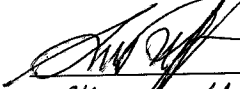
СОГЛАСОВАНО

Главный инженер
Балаковской АЭС


В.Н. Бессонов
« 13 » 12 2010 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «НСУЦ «ЦМР»


М.Б. Бакиров
« 24 » 11 2010 г.

Инв. № 11-Бал1-3-008/21-09

Заключение № 3-008/ТЦ-1/21-09

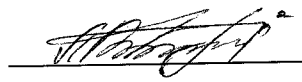
**о техническом состоянии и остаточном ресурсе
приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08
энергоблока № 1 Балаковской АЭС**

приложение к Техническому решению № ПР-4-03/143-1 от 13.12.10


Москва 2010

Лист согласования должностных лиц ООО «НСУЦ «ЦМиР»


Руководитель группы


В.И. Левчук
«24» 11 2010 г.

Руководитель группы


А.П. Павлючков
«24» 11 2010 г.

Начальник лаборатории


А.А. Еремин
«24» 11 2010 г.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЭС	– атомная электростанция;
БРУ-К	– быстродействующая редукиционная установка сброса пара в конденсаторы
ВВЭР	– водо-водяной энергетический реактор;
ВиИК	– визуальный и измерительный контроль;
ВХР	– водно-химический режим;
ИМС	– измерение механических свойств;
КК	– капиллярный контроль;
НД	– нормативный(ые) документ(ы);
НТД	– нормативно-техническая документация;
ОМ	– основной металл;
ПКД	– проектно-конструкторская документация;
ППР	– планово-предупредительный ремонт;
ПСС	– продление срока службы;
ПСУ	– приемно-сбросное устройство;
РД	– руководящий документ;
СС	– сварное соединение;
ТО	– техническое освидетельствование;
ТОБ	– техническое обоснование безопасности;
ТОиР	– техническое обслуживание и ремонт;
ТЦ	– турбинный цех;
УЗТ	– ультразвуковая толщинометрия;
ХТГЗ	– Харьковский турбинный завод;
ЭК	– эксплуатационный контроль;
ЭКИ	– эрозионно-коррозионный износ;
Р	– давление;
Т	– температура.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	6
2. Результаты анализа технической и эксплуатационной документации.....	7
3. Результаты контроля состояния металла ПСУ.....	10
4. Оценка технического состояния ПСУ.....	11
5. Оценка остаточного ресурса (подтверждение срока службы 60 лет) ПСУ.....	12
6. Заключение	14
Перечень используемой документации	15
Приложение 1. Программа № 008/ТЦ-1/21-09 обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 энергоблока № 1 Балаковской АЭС, 2009 г.	
Приложение 2. Комплект актов, протоколов контроля металла приемно-сбросных устройств турбинного цеха энергоблока №1 Балаковской АЭС.	
Приложение 3. Отчет о научно-исследовательской работе. Расчет на прочность приемно-сбросного устройства 1RC11S03(04-08), 1RC12S03(04-08) (черт. Б-802348) в рамках работ по продлению срока службы энергоблока №1 Балаковской АЭС (заключительный) № 04/01-10-Р.З., 2010 г.	

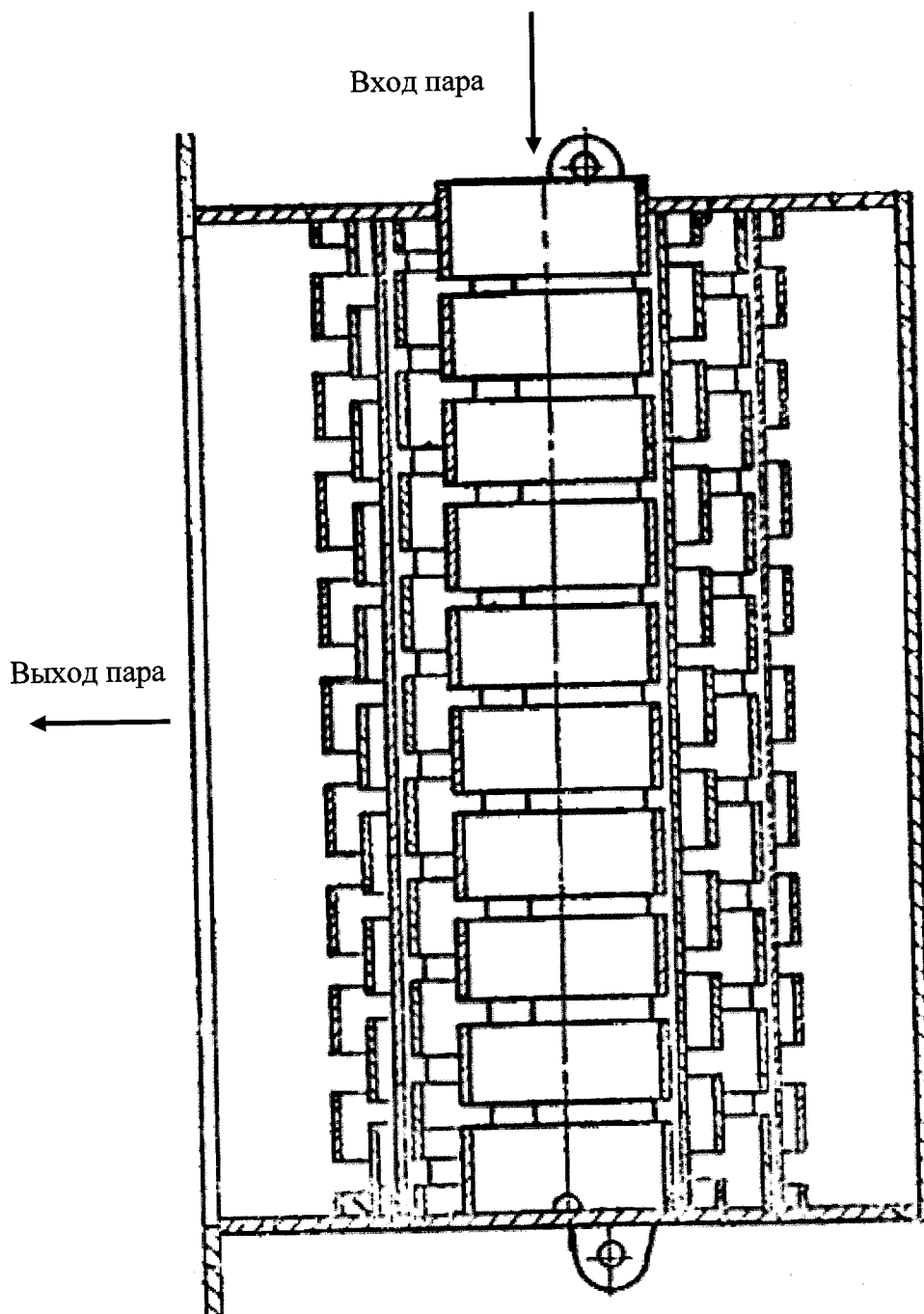


Рисунок 1 – Общий вид приемно-сбросного устройства

Система сброса пара в конденсаторы турбины К-1000-60/1500-2 РС по влиянию на безопасность относится к системам нормальной эксплуатации, важным для безопасности. Согласно ТОб [17] приемно-сбросные устройства, работающие в составе системы сброса пара в конденсаторы турбины К-1000-60/1500-2 РС, имеют классификационное обозначение 3Н в соответствии с НП-001-97 [1], категорию сейсмостойкости Пб согласно НП-031-01 [15], по ПНАЭ Г-7-008-89 [2] не классифицируются.

Основные сведения о приемно-сбросных устройствах систематизированы по результатам анализа проектно-конструкторской и эксплуатационной документации и представлены в таблице 2.1. В таблице 2.1 не представлены данные о ресурсных характеристиках приемно-сбросных устройств, так как ресурсные характеристики по проектной (конструкторской) документации отсутствуют, то есть, не установлены.

Таблица 2.1 – Основные сведения о приемно-сбросных устройствах

Наименование		Данные о приемно-сбросных устройствах	
АЭС		Балаковская	
Номер блока		1	
Наименование и обозначение системы		Система сброса пара в конденсаторы RC	
Цех-владелец		ТЦ-1	
Станционное обозначение		1RC11S03, 1RC11S04, 1RC11S05, 1RC11S06, 1RC11S07, 1RC11S08, 1RC12S03, 1RC12S04, 1RC12S05, 1RC12S06, 1RC12S07, 1RC12S08	
Паспорт (номер по архиву)		Не требуется	
Местонахождение		Машзал оси 4-9, ряд А-Б	
Класс безопасности по НП-001-97		ЗН	
Группа по ПН АЭГ-7-008-89		Не классифицируется	
Категория сейсмостойкости по НП-031-01		Пб	
Проектная (конструкторская) организация		ХТГЗ, г. Харьков	
Техническая позиция по проекту		Черт. Б-802348СБ	
Предприятие изготовитель		ХТГЗ, г. Харьков	
Документы на изготовление и поставку		Совместно с турбиной	
Монтажная организация		Трест «ВЭМ»	
Дата окончания монтажа		1985 г.	
Дата ввода в эксплуатацию		1985 г.	
Марка основного металла элементов ПСУ: обечайка, донышко, кольца, труба		ВстЗсп4, ГОСТ 10706-76	
Материалы для сварки и наплавки		УОНИ 13/55-Э50А ГОСТ 9467-75, Св-08Г2С ГОСТ 2246-70	
Сведения о технологии сварки (наплавки)		ОСТ 5264-69, ГОСТ 14771-76	
Сведения о термообработке		Не проводилась	
Габаритные размеры: длина x ширина x высота, мм		1800 x 1600 x 2600	
Геометрические размеры основных элементов (цилиндрическая часть)	Элемент ПСУ	Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм
	Обечайка корпуса	1800	12
	Верхнее донышко	1800	12
	Нижнее донышко	1800	15
Ресурсные характеристики по проектной (конструкторской) документации		Не установлены	
Эксплуатационные параметры	Рабочее давление пара на линии сброса БРУ-К, кгс/см ²	14,0	
	Рабочая температура пара на линии сброса БРУ-К, °С	100÷197	
	Температура пара за ПСУ, °С	70 – 90 (но не более 100)	
	Пропускная способность по пару, т/ч	300	
Рабочая среда		Пар, конденсат	

2.3. В проектной (конструкторской) документации данные по допускаемому числу и виду эксплуатационных режимов приемно-сбросных устройств отсутствуют, то есть, количество режимов проектом не устанавливается. Источники вибрации отсутствуют, действующие вибрационные нагрузки на элементы приемно-сбросных устройств при осмотрах не обнаружены. Данные по условиям и режимам эксплуатации приемно-сбросных устройств на период до октября 2009 г. (см. [33, 34]) представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Данные по условиям и режимам эксплуатации

Эксплуатационные режимы	Количество по проекту	Фактическое число циклов за период 1985÷2009 гг.	Фактическое число циклов за последние 10 лет
Пуск / останов с параметрами на линии сброса БРУ-К: T = 197 °С; P = 14 кгс/см ²	Проектом не устанавливается	30	10

2.4. «Типовая программа...» АТПЭ-9-03 [35] не регламентирует объемы и периодичность эксплуатационного контроля (ЭК) состояния основного металла и сварных соединений приемно-сбросных устройств. В процессе эксплуатации приемно-сбросных устройств периодически в соответствии с требованиями КТД № 07-93 [27] Балаковской АЭС проводится визуальный и измерительный контроль основного металла и сварных соединений приемно-сбросных устройств. Результаты контроля оформляются в виде протоколов, заключений, актов, регистрируются в установленном порядке и хранятся в ОДМиТК Балаковской АЭС.

2.5. Приемно-сбросные устройства ремонтпригодны, что позволяет при проведении планово-предупредительных ремонтов энергоблока выполнять контроль и восстановление/поддержание их технического состояния в соответствии с требованиями проектной (конструкторской) документации.

Стратегия технического обслуживания и ремонта (ТОиР) для поддержания работоспособного, исправного технического состояния приемно-сбросных устройств в процессе эксплуатации предусматривает проведение их капитального ремонта 1 раз в 12 лет с проведением наружного и внутреннего осмотров в доступных местах. В процессе эксплуатации отмечены случаи появления трещин на распорках приемно-сбросных устройств поз. 17, согласно рис. 1 КТД № 07-93, являющихся внутрикорпусными элементами ПСУ и не влияющих на несущую способность (прочность) корпуса ПСУ. Ремонт дефектных участков выполняется выборкой с последующей заваркой и проведением неразрушающего контроля в соответствии с требованиями КТД № 07-93 [27].

За время эксплуатации ремонтов корпусных элементов приемно-сбросных устройств (обечайка и доньшки ПСУ, включая сварные соединения) с применением сварки, модернизаций и реконструкций не проводилось.

2.6. На Балаковской АЭС ведение водно-химического режима (ВХР) второго контура осуществляется в соответствии с «Инструкцией...» И.1,2,3,4.ВХР.ХЦ/20 [19] и «Регламентом...» Р. ХЦ/02 [20].

За время эксплуатации имели место незначительные отклонения показателей качества рабочей среды второго контура от диапазонов допустимых значений, установленных для нормируемых показателей, и контрольных уровней, установленных для диагностических показателей. Зафиксированные отклонения показателей ВХР по величине и продолжительности не выходили за уровни, установленные «Инструкцией...». За все время эксплуатации нарушений ВХР второго контура не зафиксировано.

2.7. За весь период эксплуатации приемно-сбросных устройств отказов с нарушением пределов безопасной эксплуатации, а также отклонений от рабочих режимов нормальной эксплуатации не зафиксировано.

3. Результаты контроля состояния металла ПСУ

На Балаковской АЭС в процессе эксплуатации приемно-сбросных устройств проводится периодический контроль состояния металла каждого ПСУ в следующих зонах: основной металл (ОМ) обечайки и доньшек, ОМ дросселирующих элементов, сварные соединения (СС) доньшек с обечайкой, СС ПСУ с панелью переходного патрубка конденсатора, СС дросселирующих элементов с доньшками и распорками, продольные СС дросселирующих обечаек. Указанные зоны контролируются методом ВиИК в объеме 100% в доступных местах. Наряду с этим в рамках реализации текущих работ по ПСС в соответствии с «Программой обследования...» был установлен дополнительный контроль металла ПСУ, выполненный ООО «НСУЦ «ЦМиР» в ППР-2010.

В соответствии с п. 4.4.1 РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009 [7] по результатам анализа технической документации и условиям эксплуатации для детального диагностирования может быть выбрана одна или несколько единиц оборудования. Поскольку конструкции приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 идентичны, условия эксплуатации (давление, температура) и количество циклов нагружения одинаковы, то для проведения детального диагностирования состояния металла было выбрано ПСУ 1RC11S05. В рамках реализации текущих работ по ПСС был установлен дополнительный контроль металла ПСУ 1RC11S05 методами УЗТ и ИМС.

Результаты дополнительного контроля ПСУ 1RC11S05 распространяются на остальные ПСУ и, наряду с результатами эксплуатационного контроля, используются для проверки соответствия критериев оценки состояния металла приемно-сбросных устройств требованиям проектно-конструкторской и нормативной документации.

Результаты контроля состояния металла ПСУ в соответствии с разделом 5 «Программы обследования ...» (Приложение 1) представлены в Приложении 2 и кратко в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты контроля металла

Наименование узлов и элементов ПСУ	Метод контроля, НД	Объем контроля	Результаты контроля
Основной металл обечайки, доньшек ПСУ 1RC11S05	УЗТ [24]	В 4-х зонах через 90° по периметру на обечайке в 2-х сечениях по высоте, на доньшках	Оценка качества не производилась в связи с отсутствием предельных значений на момент контроля (заключение № ОДМиТК 1-14/795 от 08.02.2010 г.). После получения дополнительных данных о номинальных геометрических размерах элементов ПСУ установлено, что фактические замеренные значения толщины всех проконтролированных элементов соответствуют номинальным значениям толщины элементов по ПКД с учетом допусков на изготовление полуфабрикатов.
Основной металл обечайки и доньшек S=12, основной металл дросселирующих элементов S=12 ПСУ 1RC11B05, 06, 1RC12B05, 06	ВиИК [23]	Обечайка и доньшки - в доступных местах, дросселирующие элементы - в объеме 100 %	Дефектов не обнаружено (протокол № ОДМиТК 1-14/253 от 27.01.2010 г.).
Сварные соединения доньшек с обечайкой, ПСУ с панелью переходного патрубка конденсатора ПСУ 1RC11S05	ВиИК [23]	100%	Дефектов не обнаружено (протокол № ОДМиТК 1-14/253 от 27.01.2010 г.).
	ИМС [25]	СС № 2а ПСУ с панелью переходного патрубка конденсатора	Механические свойства металла СС ПСУ соответствуют требованиям НД [11, 21] (акт № ИМС-008/ТЦ-1/21-09, от 30.06.2010 г., отчет [36]).

По результатам контроля металла приемно-сбросных устройств недопустимых дефектов и повреждений металла не выявлено, состояние основного металла и сварных соединений соответствует нормам оценки качества [22], фактические измеренные значения механических свойств металла соответствуют требованиям нормативной документации [11, 21].

4. Оценка технического состояния ПСУ

Оценка технического состояния приемно-сбросных устройств, представленная ниже, выполнена на основании результатов анализа технической и эксплуатационной документации, а также с учетом результатов обследования.

4.1. Условия и режимы эксплуатации приемно-сбросных устройств соответствуют требованиям эксплуатационной и проектно-конструкторской документации (ПКД). За период эксплуатации отклонений от регламентных режимов нагружения и рабочих параметров эксплуатации не зафиксировано.

4.2. ВХР рабочей среды поддерживается в пределах требований действующей эксплуатационной документации (ЭД).

4.3. На протяжении всего периода эксплуатации контроль состояния металла приемно-сбросных устройств проводился в полном объеме в соответствии с действующей на каждом этапе эксплуатации проектно-конструкторской и нормативной документацией (НД), предписаниями и требованиями.

В результате контроля по «Программе обследования...» (см. Приложение 1) недопустимых дефектов и повреждений металла приемно-сбросных устройств не выявлено (см. Приложение 2).

За весь период эксплуатации отказов, приводящих к нарушению условий нормальной эксплуатации приемно-сбросных устройств, не зафиксировано. Ремонтов корпусных элементов приемно-сбросных устройств (обечайка и доньшки ПСУ, включая сварные соединения) с применением сварки, модернизаций и реконструкций не проводилось.

4.4. В соответствии с результатами анализа технической документации, истории эксплуатации [33, 34], комплексного обследования энергоблока № 1 Балаковской АЭС [31], эксплуатационного контроля металла, контроля металла по «Программе обследования...» (Приложение 1) состояние приемно-сбросных устройств – работоспособное, исправное (по ГОСТ 27.002-89 [14]), соответствует требованиям ЭД, ПКД и НД. Существующая система эксплуатации и ТОиР обеспечивает поддержание требуемого технического состояния приемно-сбросных устройств.

Выполненный анализ не выявил принципиальных факторов, препятствующих дальнейшей эксплуатации приемно-сбросных устройств при условии поддержания работоспособного, исправного состояния ПСУ в течение продлеваемого срока службы с соблюдением требований действующей нормативно-технической и эксплуатационной документации.

5. Оценка остаточного ресурса (подтверждение срока службы 60 лет) ПСУ

5.1. В соответствии с ПНАЭ Г-7-002-86 [11], РД ЭО 0330-01 [12] и НП-031-01 [15] для приемно-сбросных устройств выполнены расчёты на:

- статическую прочность;
- циклическую прочность;
- устойчивость;
- прочность при сейсмических воздействиях.

При этом в соответствии с требованиями [11] не проводились расчеты:

- на длительную статическую и циклическую прочность, так как рабочая температура ниже $T_t = 350^{\circ}\text{C}$ - температуры, при превышении которой необходимо учитывать характеристики длительной прочности, пластичности и ползучести (п.п. 3.3, 5.7.1, 5.9.1 [11]);
- на сопротивление хрупкому разрушению, так как для материалов приемно-сбросных устройств и толщин стенок выполняются условия п. 5.8.1.9 [11];
- на вибропрочность, поскольку нет источников вибрации и действующие вибрационные нагрузки на элементы приемно-сбросных устройств при осмотрах не обнаружены.

5.2. Выполненные расчеты показывают, что приемно-сбросные устройства удовлетворяют условиям прочности норм расчета ПНАЭ Г-7-002-86 [11], РД ЭО 0330-01 [12] и НП-031-01 [15]. По результатам выполненного расчетного обоснования установлено, что срок службы приемно-сбросных устройств может быть продлен до 60 лет (см. Приложение 3).

5.3. По результатам контроля механических свойств металла ПСУ 1RC11S05, выполненного в ППР-2010 [36], установлено, что фактические механические свойства основного металла и металла сварных швов на момент окончания проектного срока службы энергоблока № 1 Балаковской соответствуют требованиям норм ПНАЭ Г-7-002-86 [11], ПНАЭ Г-7-010-89 [21]. Результаты контроля механических свойств металла, выполненного для ПСУ 1RC11S05, также распространяются на остальные ПСУ, поскольку рассматриваемые ПСУ идентичны по конструкции и технологии изготовления, эксплуатируются в аналогичных условиях и представляют собой группу однотипного оборудования.

На этапе прогнозирования изменения механических свойств металла приемно-сбросных устройств в процессе длительной эксплуатации [36] проведен комплексный анализ результатов работ по модельному термосиловому старению металла сталей перлитного класса, из которых изготовлены корпусные элементы рассматриваемых ПСУ, а также анализ реальных условий эксплуатации ПСУ.

Выполненный анализ, а также положительные результаты натурного контроля механических свойств металла, выполненного в ППР-2010, позволяют сделать вывод, что значения прочностных и пластических свойств металла приемно-сбросных устройств на момент окончания дополнительного сверхпроектного срока службы энергоблока № 1 Балаковской АЭС (2045 г.) будут соответствовать требованиям действующих отраслевых нормативных документов, то есть не выйдут за рамки гарантированных (граничных) значений свойств, установленных в НД.

5.4. Корпусные элементы приемно-сбросных устройств (обечайка корпуса, верхнее и нижнее доньшки, дроссельные секции и др.) изготовлены из сталей перлитного класса. Как показывает опыт эксплуатации, оборудование АЭС, изготовленное из сталей перлитного класса с низким содержанием примесных легирующих элементов (Cr, Cu, Mo), в процессе эксплуатации в определенных условиях потенциально подвержено деградации металла по механизму эрозионно-коррозионного износа (ЭКИ). В частности, механизм ЭКИ оказывает существенное влияние на состояние металла оборудования при наличии коррозионно-активной среды, которой, как правило, является вода или паро-водяная смесь, движущаяся с высокими скоростями. При этом в местах резкого изменения геометрии (наличия местных сопротивлений потока с учетом особенностей конструкции) может происходить образование зон турбулизации потока. В этих зонах металл потенциально подвержен утонению стенки вследствие протекания процессов окисления металла по механизму электрохимической коррозии, усиленных влиянием нестационарных режимов движения потока рабочей среды (эрозионная составляющая), что в результате приводит к выносу продуктов коррозии в поток и общему или локальному утонению стенки металла.

Для обоснования возможности продления срока службы приемно-сбросных устройств до 2045 г. необходимо выполнить прогнозные оценки степени утонения металла в зависимости от времени эксплуатации. Для этих целей в рамках реализации текущих работ по ПСС в ППР-2010 был выполнен выборочный контроль толщины элементов ПСУ 1RC11S05 (см. Приложение 2).

По результатам контроля установлено, что фактические замеренные значения толщины всех проконтролированных элементов соответствуют номинальным значениям толщины элементов по ПКД с учетом допусков на изготовление полуфабрикатов. Результаты контроля

позволяют сделать вывод, что утонение металла элементов приемно-сбросных устройств по механизму ЭКИ отсутствует.

Вследствие этого можно утверждать, что в течение продлеваемого срока службы приемно-сбросных устройств такое событие, как утонение стенки элементов ПСУ по причине ЭКИ и, как следствие, потеря несущей способности (прочности) ПСУ может быть аргументированно исключено из рассмотрения.

5.5. При принятой модели дальнейшей эксплуатации приемно-сбросных устройств (см. Приложение 3) с учетом фактических параметров нагружения, условий и режимов работы влияния других механизмов старения (термическое старение, многоцикловая усталость, коррозионная усталость, межкристаллитное растрескивание, общая коррозия, наводораживание) не будет доминирующим и за предполагаемый дополнительный период эксплуатации энергоблока № 1 Балаковской АЭС (30 лет) не внесёт дополнительных, значимых изменений в состояние металла приемно-сбросных устройств.

5.6. Определяющие параметры состояния металла, установленные «Программой обследования...» (см. Приложение 1) в зависимости от рассматриваемых механизмов старения металла и контролируемых эффектов старения, удовлетворяют критериям оценки состояния металла, что подтверждено результатами выполненного неразрушающего контроля. Состояние основного металла и сварных соединений приемно-сбросных устройств на момент контроля соответствует требованиям проектно-конструкторской и нормативной документации.

6. Заключение

6.1. Состояние приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 турбинного цеха энергоблока № 1 Балаковской АЭС – работоспособное, исправное, соответствует требованиям ПКД и НД.

6.2. Условия и режимы эксплуатации приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 турбинного цеха энергоблока № 1 Балаковской АЭС соответствуют требованиям ПКД и ЭД.

6.3. Состояние основного металла и сварных соединений приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 турбинного цеха энергоблока № 1 Балаковской АЭС на момент контроля соответствует требованиям НД [11, 21, 22].

6.4. Приемно-сбросные устройства 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 турбинного цеха энергоблока № 1 Балаковской АЭС удовлетворяют условиям прочности норм расчета ПНАЭ Г-7-002-86 [11], РД ЭО 0330-01 [12] и НП-031-01 [15]. По результатам выполненного расчетного обоснования установлено, что срок службы приемно-сбросных устройств может быть продлен до 60 лет.

6.5. Учитывая, что приемно-сбросные устройства 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 турбинного цеха энергоблока № 1 Балаковской АЭС ремонтпригодны, существующую систему ТОиР и отсутствие отказов в работе за весь период эксплуатации, ПСУ могут эксплуатироваться до 2045 года включительно при соблюдении условий и режимов эксплуатации, периодичности и объемов ТОиР с соблюдением требований действующей нормативно-технической и эксплуатационной документации [16÷30].

Перечень используемой документации

- 1 НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97). Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97).
- 2 ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
- 3 НП-017-2000. Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции.
- 4 РБ-029-04. Состав и содержание материалов по обоснованию остаточного ресурса элементов блока атомной станции для продления срока его эксплуатации.
- 5 СТО 1.1.1.01.006.0327-2008. Продление срока эксплуатации блока атомной станции.
- 6 СТО 1.1.1.01.007.0281-2010. Управление ресурсными характеристиками элементов энергоблоков атомных станций.
- 7 РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009. Оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и насосов энергоблоков атомных станций. Методика.
- 8 П-01-01-2006. Перечень основных нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.
- 9 РД-04-31-2001. Требования к составу комплекта и содержанию документов, обосновывающих безопасность в период дополнительного срока эксплуатации блока атомной станции.
- 10 СТО 1.1.1.01.0678-2007. Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций.
- 11 ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчёта на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
- 12 РД ЭО 0330-01. Руководство по расчёту на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК и ВВЭР на стадии эксплуатации.
- 13 М-02-91. Методика определения допустимых дефектов в металле оборудования и трубопроводов во время эксплуатации АЭС.
- 14 ГОСТ 27.002-89. Надёжность в технике. Основные понятия, термины и определения.
- 15 НП-031-01. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций.
- 16 Рабочий технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблока № 1 Балаковской АЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320) Р.1.ОУБ/03.
- 17 Балаковская АЭС. Энергоблок 1. Техническое обоснование безопасности сооружения и эксплуатации.
- 18 Инструкция по эксплуатации. Система расхолаживания энергоблока. ИЭ.1,2.РР,РС.ТЦ-1/15.
- 19 Инструкция по организации и ведению этаноламинового водно-химического режима второго контура И.1,2,3,4.ВХР.ХЦ/20.
- 20 Регламент химического контроля качества технологических сред Балаковской АЭС Р. ХЦ/02.
- 21 ПНАЭ Г-7-010-89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля.
- 22 ПК 1514-72. Правила контроля сварных соединений и наплавки узлов и конструкций атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок.

- 23 ПНАЭ Г-7-016-89. Унифицированные методики неразрушающего контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Визуальный и измерительный контроль.
- 24 ПНАЭ Г-7-031-91. Унифицированные методики неразрушающего контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Часть III. Измерение толщины монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий.
- 25 РД ЭО 0027-05. Инструкция по определению механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости.
- 26 РД ЭО 0069-97. Правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций.
- 27 Комплект технологической документации на проведение технического обслуживания и ремонта. Приемно-сбросное устройство. КТД № 07-93.
- 28 Общие технические условия на ремонт. ТУ ЭО 0144-2001.
- 29 Программа ТОиР теплообменного оборудования, фильтров и баков турбинного отделения энергоблоков № 1, 2, 3, 4 Балаковской АЭС. ОППР-2-09/01.
- 30 Технологическая инструкция по исправлению дефектных участков в монтажных сварных соединениях оборудования и трубопроводов АЭУ. № 18-170.00.000. НИПТиКО «Энергомонтажпроект», 1992.
- 31 Обобщающий отчет по результатам проведения комплексного обследования энергоблока № 1 Балаковской АЭС для продления срока эксплуатации. Балаково, 2008.
- 32 Отчет по результатам обследования оборудования и трубопроводов системы сброса пара в конденсатор РС энергоблока № 1 БалАЭС. Балаково, 2007.
- 33 Техническая справка. Сведения об истории нагружения оборудования ТЦ-1 Балаковской АЭС с момента пуска блока по октябрь 2009 г. Балаковская АЭС, 2009 г.
- 34 Техническая справка. Сведения об истории нагружения оборудования ТЦ-1 Балаковской АЭС за период 1999 г. – 2009 г. Балаковская АЭС, 2009 г.
- 35 АТПЭ-9-03. Типовая программа эксплуатационного контроля состояния основного металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов атомных электростанций с ВВЭР-1000 (с изменениями).
- 36 Технической отчет «Результаты контроля физико-механических свойств металла тепло-механического оборудования ТЦ-1 энергоблока №1 Балаковской АЭС на период окончания проектного срока эксплуатации» № 11-О-ТЦ-1-21/09, ООО НСУЦ «ЦМиР», 2010 г.


Программа № 008/ТЦ-1/21-09 обследования, оценки технического состояния и
остаточного ресурса приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08,
1RC12S03÷1RC12S08 энергоблока № 1 Балаковской АЭС, 2009 г.

Открытое акционерное общество
«Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях»
(ОАО «Концерн Росэнергоатом»)

**Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»
«БАЛАКОВСКАЯ АТОМНАЯ СТАНЦИЯ»
(Балаковская АЭС)**

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер Балаковской АЭС



_____ **В.Н. Бессонов**
« 28 » 01 20 10 г.

Программа № 008/ТЦ-1/21-09

**обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса
приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08
энергоблока № 1 Балаковской АЭС**

РАЗРАБОТАНО


Генеральный директор
ООО «НСУЦ «ЦМиР»


_____ **М.Б. Бакиров**
« 21 » 12 2009 г.


Москва 2009

Лист согласования должностных лиц ООО «НСУЦ «ЦМиР»


Руководитель группы

 В.И. Левчук
«21» 12 2009 г.

Руководитель группы

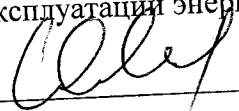
 А.П. Павлючков
«21» 12 2009 г.

Начальник лаборатории

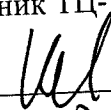
 А.А. Еремин
«21» 12 2009 г.

**Лист согласования должностных лиц филиала
ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Балаковская атомная станция»**

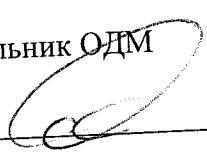
Заместитель главного инженера
по эксплуатации энергоблоков 1,2


Ю.М. Марков
«30» 12 2009 г.

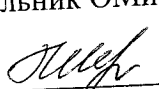
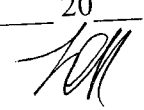
Начальник ТЦ-1


Л.Ю. Колпаков
«25» 12 20__ г.


Начальник ОДМ


С.В. Якушев
«__» ____ 20__ г.

Начальник ОМиПРО


И.А. Шевнина
«__» ____ 20__ г.


Начальник ОППР


А.Г. Бубнов
«__» ____ 20__ г.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЭС	– атомная электростанция;
ВВЭР	– водо-водяной энергетический реактор;
ВиИК	– визуальный и измерительный контроль;
ВХР	– водно-химический режим;
ИМС	– измерение механических свойств;
КТД	– комплект технологической документации;
НД	– нормативный(ые) документ(ы);
НТД	– нормативно-техническая документация;
ОМ	– основной металл;
ПКД	– проектно-конструкторская документация;
ПСС	– продление срока службы;
ПСУ	– приемно-сбросное устройство;
РД	– руководящий документ;
СС	– сварное соединение;
СШ	– сварной шов;
ТОБ	– техническое обоснование безопасности;
ТОиР	– техническое обслуживание и ремонт;
ТЦ	– турбинный цех;
УЗТ	– ультразвуковая толщинометрия;
ХТГЗ	– Харьковский турбинный завод;
ЭК	– эксплуатационный контроль;
Р	– давление;
Т	– температура.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель программы, назначение, область применения	6
2. Общие положения.....	6
3. Проведение анализа технической и эксплуатационной документации.....	7
4. Результаты анализа технической и эксплуатационной документации.....	7
4.1. Сведения об исходных данных.....	7
4.2. Сведения о результатах контроля металла.....	8
4.3. Сведения о ремонтах, модернизациях, реконструкциях.....	9
4.4. Сведения об отклонениях показателей качества рабочей среды от нормируемых значений.....	9
4.5. Сведения об отказах	9
4.6. Сведения об условиях и режимах эксплуатации	9
4.7. Установление механизмов старения и определяющих параметров состояния металла элементов оборудования	10
5. Методы и объемы контроля технического состояния	10
6. Алгоритм оценки технического состояния.....	12
7. Алгоритм оценки остаточного ресурса	13
8. Требования по оформлению результатов обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса оборудования.....	14
Перечень используемой документации.....	16
Приложение 1. Схема контроля металла приемно-сбросного устройства 1RC11S05.....	18

1. Цель программы, назначение, область применения

1.1. Программа обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса (далее по тексту – программа обследования) разработана для группы однотипного оборудования – приемно-сбросных устройств 1RC11S03, 1RC11S04, 1RC11S05, 1RC11S06, 1RC11S07, 1RC11S08, 1RC12S03, 1RC12S04, 1RC12S05, 1RC12S06, 1RC12S07, 1RC12S08 системы сброса пара в конденсаторы турбины К-1000-60/1500-2 РС энергоблока № 1 Балаковской АЭС (далее по тексту – приемно-сбросные устройства, ПСУ) в связи с продлением срока эксплуатации энергоблока № 1 Балаковской АЭС сверх назначенного 30-летнего срока службы.

1.2. Цель программы обследования состоит в организации выполнения работ, установлении их порядка, определении и конкретизации методов и объемов контроля приемно-сбросных устройств в рамках реализации работ по оценке их технического состояния и остаточного ресурса в соответствии с положениями и требованиями действующей отраслевой нормативно-технической документации (НТД).

1.3. Результаты работ, выполненные в соответствии с программой обследования, будут являться основанием для принятия решения о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации приемно-сбросных устройств, исходя из прогнозируемого срока продления эксплуатации энергоблока № 1 Балаковской АЭС на 30 лет (до 2045 г.).

2. Общие положения

2.1. Настоящая программа обследования разработана в соответствии с НП 017-2000 [1], РБ-029-04 [2], СТО 1.1.1.01.006.0327-2008 [3], РД ЭО 0281-01 [4] и РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009 [5] в обеспечение выполнения п.2.1.11 ПНАЭ Г-7-008-89 [6] и п.5.1.14 НП-001-97 [7].

2.2. Программа обследования разработана в рамках реализации работ по договору № 21/09 от 28.09.2009 г. «На проведение работ по оценке и обоснованию технического состояния и остаточного ресурса оборудования ТЦ-1 энергоблока № 1 Балаковской АЭС в период дополнительного срока эксплуатации энергоблока № 1», заключенному между ОАО «Концерн Энергоатом» и ООО «НСУЦ «ЦМиР».

2.3. Обследованию по настоящей программе подвергаются приемно-сбросные устройства энергоблока № 1 Балаковской АЭС. В результате выполнения программы обследования осуществляется оценка технического состояния приемно-сбросных устройств и после проведения прочностных расчетов дается обоснование их остаточного ресурса.

2.4. В соответствии с п. 7.2.8 СТО 1.1.1.01.006.0327-2008, п. 6.9 РД ЭО 0281-01 и п. 4.4.1 РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009 устанавливается следующий порядок согласования и утверждения программы обследования приемно-сбросных устройств:

- программа обследования согласовывается с привлекаемыми к работам специализированными организациями и подразделениями Балаковской АЭС;
- программа обследования утверждается главным инженером Балаковской АЭС.

2.5. Термины и определения, применяемые в настоящей программе обследования, соответствуют РД ЭО 0281-01 [4].

2.6. При проведении работ по настоящей программе обследования следует соблюдать требования Норм и Правил, действующих в области использования атомной энергии, в соответствии с «Перечнем...» П-01-01-2006 [8].

3. Проведение анализа технической и эксплуатационной документации

При разработке программы обследования проанализирована следующая техническая и эксплуатационная документация:

- требования правил, норм и руководящие документы в области использования атомной энергии [1÷15];
- рабочий технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблока № 1 Балаковской АЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320) [16];
- техническое обоснование безопасности (ТОБ) сооружения и эксплуатации энергоблока № 1 Балаковской АЭС [17];
- эксплуатационная документация [18÷20];
- документация по эксплуатационному контролю металла [21÷25];
- документация по техническому обслуживанию и ремонту [26÷30];
- результаты комплексного обследования энергоблока №1 Балаковской АЭС [31];
- результаты обследования оборудования и трубопроводов системы сброса пара в конденсатор РС энергоблока № 1 Балаковской АЭС [32];
- сборочный чертеж №Б-802348СБ;
- данные по режимам и условиям эксплуатации.

4. Результаты анализа технической и эксплуатационной документации

4.1. Сведения об исходных данных

Сведения об исходных данных на приемно-сбросные устройства систематизированы по результатам анализа проектно-конструкторской и эксплуатационной документации и представлены в таблице 4.1. В таблице 4.1 не представлены данные о ресурсных характеристиках приемно-сбросных устройств, так как ресурсные характеристики по проектной (конструкторской) документации отсутствуют, то есть, не установлены.

Таблица 4.1

Наименование	Данные о приемно-сбросных устройствах
АЭС	Балаковская
Номер блока	1
Наименование и обозначение системы	Система сброса пара в конденсаторы РС
Цех-владелец	ТЦ-1
Станционное обозначение	1RC11S03, 1RC11S04, 1RC11S05, 1RC11S06, 1RC11S07, 1RC11S08, 1RC12S03, 1RC12S04, 1RC12S05, 1RC12S06, 1RC12S07, 1RC12S08
Паспорт (номер по архиву)	Не требуется
Местонахождение	Машзал оси 4-9, ряд А-Б
Класс безопасности по НП-001-97	3Н
Группа по ПН АЭГ-7-008-89	Не классифицируются
Категория сейсмостойкости по НП-031-01	Пб
Проектная (конструкторская) организация	ХТГЗ, г. Харьков
Техническая позиция по проекту	Черт. Б-802348СБ
Предприятие изготовитель	ХТГЗ, г. Харьков
Документы на изготовление и поставку	Совместно с турбиной
Монтажная организация	Трест «ВЭМ»
Дата окончания монтажа	1985 г.
Дата ввода в эксплуатацию	1985 г.

Таблица 4.1 (продолжение)

Наименование		Данные о приемно-сбросных устройствах	
Марка основного металла элементов ПСУ: обечайка, донышко, кольца, труба		ВстЗсп4, ГОСТ 10706-76	
Материалы для сварки и наплавки		УОНИ 13/55-Э50А ГОСТ 9467-75, Св-08Г2С ГОСТ 2246-70	
Сведения о технологии сварки (наплавки)		ОСТ 5264-69, ГОСТ 14771-76	
Сведения о термообработке		Не проводилась	
Габаритные размеры: длина x ширина x высота, мм		1800 x 1600 x 2600	
Геометрические размеры основных элементов (цилиндрическая часть)	Элемент ПСУ	Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм
	Обечайка корпуса	1800	12
	Верхнее донышко	1800	12
	Нижнее донышко	1800	15
Ресурсные характеристики по проектной (конструкторской) документации		Не установлены	
Эксплуатационные параметры	Рабочее давление пара на линии сброса БРУ-К, кгс/см ²	14,0	
	Рабочая температура пара на линии сброса БРУ-К, °С	100÷197	
	Температура пара за ПСУ, °С	70 – 90 (но не более 100)	
	Пропускная способность по пару, т/ч	300	
Рабочая среда		Пар, конденсат	

Система сброса пара в конденсаторы турбины К-1000-60/1500-2 РС по влиянию на безопасность относится к системам нормальной эксплуатации, важным для безопасности. Согласно ТОб приемно-сбросные устройства, работающие в составе системы сброса пара в конденсаторы турбины К-1000-60/1500-2 РС, имеют классификационное обозначение ЗН в соответствии с НП-001-97, категорию сейсмостойкости IIб согласно НП-031-01, по ПНАЭ Г-7-008-89 не классифицируются.

По итогам анализа исходных данных, собранных по приемно-сбросным устройствам, установлено, что объем имеющихся данных является достаточным для построения расчетной модели и последующего проведения прочностных расчетов в соответствии с действующими НТД в рамках реализации работ по продлению срока службы (ПСС).

4.2. Сведения о результатах контроля металла

«Типовая программа...» АТПЭ-9-03 [33] не регламентирует объемы и периодичность эксплуатационного контроля (ЭК) состояния основного металла и сварных соединений приемно-сбросных устройств. В процессе эксплуатации приемно-сбросных устройств периодически в соответствии с требованиями КТД № 07-93 [27] Балаковской АЭС проводится визуальный и измерительный контроль (ВИК) основного металла и сварных соединений приемно-сбросных устройств. Результаты контроля оформляются в виде протоколов, заключений, актов, регистрируются в установленном порядке и хранятся в отделе дефектоскопии и металловедения Балаковской АЭС.

4.3. Сведения о ремонтах, модернизациях, реконструкциях

Стратегия ТОиР для поддержания работоспособного, исправного технического состояния приемно-сбросных устройств в процессе эксплуатации предусматривает проведение их капитального ремонта 1 раз в 12 лет с проведением наружного и внутреннего осмотров в доступных местах.

В процессе эксплуатации отмечены случаи появления трещин на распорках приемно-сбросных устройств поз. 17, согласно рис. 1 КТД № 07-93, являющихся внутрикорпусными элементами ПСУ и не влияющих на несущую способность (прочность) корпуса ПСУ. Ремонт дефектных участков выполняется выборкой с последующей заваркой и проведением неразрушающего контроля в соответствии с требованиями КТД № 07-93 [27].

За время эксплуатации ремонтов корпусных элементов приемно-сбросных устройств (обечайка и доньшки ПСУ, включая сварные соединения) с применением сварки, модернизаций и реконструкций не проводилось.

4.4. Сведения об отклонениях показателей качества рабочей среды от нормируемых значений

На Балаковской АЭС ведение водно-химического режима (ВХР) второго контура осуществляется в соответствии с «Инструкцией...» И.1,2,3,4.ВХР.ХЦ/20 [19] и «Регламентом...» Р. ХЦ/02 [20].

За время эксплуатации имели место незначительные отклонения показателей качества рабочей среды второго контура от диапазонов допустимых значений, установленных для нормируемых показателей, и контрольных уровней, установленных для диагностических показателей. Зафиксированные отклонения показателей ВХР по величине и продолжительности не выходили за уровни, установленные «Инструкцией...». За все время эксплуатации нарушений ВХР второго контура не зафиксировано.

4.5. Сведения об отказах

За весь период эксплуатации приемно-сбросных устройств отказов с нарушением пределов безопасной эксплуатации, а также отклонений от рабочих режимов нормальной эксплуатации не зафиксировано.

4.6. Сведения об условиях и режимах эксплуатации

В проектной (конструкторской) документации данные по допускаемому числу и виду эксплуатационных режимов приемно-сбросных устройств отсутствуют, то есть, количество режимов проектом не устанавливается. Источники вибрации отсутствуют, действующие вибрационные нагрузки на элементы приемно-сбросных устройств при осмотрах не обнаружены. Данные по условиям и режимам эксплуатации приемно-сбросных устройств на период до октября 2009 г. (см. [34, 35]) представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Эксплуатационные режимы	Количество по проекту	Фактическое число циклов за период 1985÷2009 гг.	Фактическое число циклов за последние 10 лет
Пуск / останов с параметрами на линии сброса БРУ-К: $T = 197^{\circ}\text{C}$; $P = 14 \text{ кгс/см}^2$	Проектом не устанавливается	30	10

4.7. Установление механизмов старения и определяющих параметров состояния металла элементов оборудования

Анализ проектно-конструкторской и эксплуатационной документации (п.п. 4.1 – 4.6) позволяет установить механизмы старения металла элементов приемно-сбросных устройств, определяющие их техническое состояние и остаточный ресурс.

Контролируемые эффекты старения, механизмы старения, определяющие параметры состояния и критерии оценки состояния металла элементов приемно-сбросных устройств представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Элемент ПСУ	Контролируемый эффект старения	Механизм старения металла	Определяющие параметры состояния металла	Критерии оценки состояния металла
Обечайка, доньшки (основной металл)	Утонение стенки	Эрозионно-коррозионный износ	Толщина стенки	Прогнозируемая толщина стенки больше минимально допустимой (в соответствии с ПКД и расчетами на прочность)
Обечайка, доньшки (сварные соединения)	Изменение механических свойств	Малоцикловая усталость	Предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, относительное сужение	Соответствие механических свойств требованиям ПКД и НД [6, 11]
	Растрескивание	Малоцикловая усталость	Геометрические размеры трещин (протяженность, глубина, раскрытие, ориентация в пространстве)	Отсутствие трещин по результатам ВийК [22]

5. Методы и объемы контроля технического состояния

Выбор методов, объемов и мест дополнительного контроля состояния металла приемно-сбросных устройств в рамках работ по ПСС определен исходя из:

- требований нормативно-технической документации;
- анализа проектно-конструкторской и эксплуатационной документации;
- определяющих параметров технического состояния металла;
- анализа результатов периодического эксплуатационного контроля, выполненного за время эксплуатации;
- возможности доступа к контролируемому участку.

Методы контроля определяющих параметров состояния металла, используемые для оценки технического состояния приемно-сбросных устройств, представлены ниже:

- ВийК в соответствии с ПНАЭ Г-7-016-89 «Унифицированные методики неразрушающего контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Визуальный и измерительный контроль» [23];
- УЗТ в соответствии с ПНАЭ Г-7-031-91 «Унифицированные методики неразрушающего контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль.

Часть III. Измерение толщины монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий» [24];

- ИМС в соответствии с РД ЭО 0027-05 «Инструкция по определению механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости» [25].

На Балаковской АЭС в процессе эксплуатации приемно-сбросных устройств проводится периодический контроль состояния металла каждого ПСУ в следующих зонах: основной металл (ОМ) обечайки и доньшек, ОМ дросселирующих элементов, сварные соединения (СС) доньшек с обечайкой, СС ПСУ с панелью переходного патрубка конденсатора, СС дросселирующих элементов с доньшками и распорками, продольные СС дросселирующих обечаек. Указанные зоны контролируются методом ВиИК в объеме 100% в доступных местах. По результатам предыдущего эксплуатационного контроля металла приемно-сбросных устройств 1RC11S03, 1RC11S04, 1RC12S03, 1RC12S04, выполненного в 2008 г., установлено, что состояние основного металла и сварных соединений ПСУ соответствует нормам оценки качества [22] (протокол № ОДМ 1-14/1051 от 20.10.2008 г.).

В ППР-2010 в соответствии с рабочей программой РП.ОДМ-08/1-010 Балаковской АЭС будет выполнен очередной эксплуатационный контроль металла приемно-сбросных устройств 1RC11S05, 1RC11S06, 1RC12S05, 1RC12S06. Результаты ЭК металла методом ВиИК, выполняемого Балаковской АЭС, будут использованы при оценке технического состояния ПСУ.

В соответствии с п. 4.4.1 РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009 по результатам анализа технической документации и условиям эксплуатации для детального диагностирования может быть выбрана одна или несколько единиц оборудования. Поскольку конструкции приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 идентичны, условия эксплуатации (давление, температура) и количество циклов нагружения одинаковы, то для проведения детального диагностирования состояния металла выберем ПСУ 1RC11S05.

С учетом вышесказанного в рамках реализации текущих работ по ПСС устанавливается дополнительный контроль металла ПСУ 1RC11S05 методами УЗТ и ИМС, выполняемый ООО «НСУЦ «ЦМиР». Результаты дополнительного контроля ПСУ 1RC11S05 будут распространены на остальные ПСУ и в конечном итоге будут использованы для проверки соответствия критериев оценки состояния металла приемно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 требованиям ПКД и НД.

С учетом оговоренных выше условий в таблице 5.1 определены места, методы и объемы контроля для оценки технического состояния приемно-сбросного устройства 1RC11S05.

Если по результатам контроля, выполненного для ПСУ 1RC11S05, будет установлено, что состояние металла при контроле каким-либо из методов, указанных в таблице 5.1, не соответствует принятым нормам оценки качества, то в этом случае объем контроля должен быть увеличен по месту выборочно для нескольких ПСУ. Это означает, что ПСУ 1RC11S06, 1RC12S05, 1RC12S06 также должны быть подвергнуты дополнительному контролю в том же объеме и тем же методом (методами), по результатам которого (которых) будет установлено, что состояние металла ПСУ 1RC11S05 не удовлетворяет нормам оценки качества.

Подготовка рабочих мест контроля должна включать установку лесов (подмостей) и освещение рабочих площадок. Подготовка поверхности металла в местах контроля методом ВиИК выполнить в соответствии с [23]. В местах проведения УЗТ основного металла зачистить площадку 100х100 мм, подготовку поверхности выполнить в соответствии с [24]. В местах измерения механических свойств зачистить площадку 100х100 мм (по 50 мм симметрично оси СС) до параметра шероховатости $Rz \leq 0$. Места контроля обозначены на схеме контроля (см. Приложение 1).

Таблица 5.1

Наименование узлов и элементов ПСУ	Метод контроля, НД	Объем контроля	Примечание
Основной металл обечайки, доньшек ПСУ 1RC11S05	УЗТ [24]	В 4-х зонах через 90° по периметру на обечайке в 2-х сечениях по высоте, на доньшках	В каждой зоне выполнить не менее 5 измерений и определить минимальную толщину стенки.
Сварные соединения доньшек с обечайкой, ПСУ с панелью переходного патрубка конденсатора ПСУ 1RC11S05	ВиИК [23]	100%	Контроль выполняется в рамках РП.ОДМ-08/1-010
	ИМС [25]	СС № 2а ПСУ с панелью переходного патрубка конденсатора	15-20 точек для ОМ, 7-10 точек СШ.

Контроль металла должен выполняться персоналом, аттестованным в установленном порядке в соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-010-89.

Средства измерения, применяемые при контроле, а также нормы оценки качества должны быть указаны в отчетной документации по контролю металла.

Результаты контроля металла методами ВиИК, УЗТ должны быть оформлены протоколами (актами, заключениями) в установленном порядке и зарегистрированы в журнале учета результатов контроля в соответствии с требованиями НД. При обнаружении несплошностей, превышающих нормы оценки качества, следует руководствоваться требованиями действующих НД.

Результаты контроля механических свойств металла должны быть оформлены в виде итогового технического отчета по контролю механических свойств металла тепломеханического оборудования ТЦ-1 энергоблока №1 Балаковской АЭС на период окончания проектного срока эксплуатации. Технический отчет должен включать прогноз изменения механических свойств металла оборудования на планируемый срок эксплуатации энергоблока №1 Балаковской АЭС за пределами 30-летнего срока службы.

6. Алгоритм оценки технического состояния

6.1. После проведения контроля металла приемно-сбросных устройств (далее по тексту – оборудования), выполненного в соответствии с настоящей программой обследования, необходимо выполнить анализ результатов контроля и установить фактические значения определяющих параметров состояния металла оборудования.

6.2. При удовлетворении значений фактических определяющих параметров состояния металла оборудования значениям, установленным конструкторской документацией и действующими НД, сравнить сведения о фактической истории нагружения оборудования с принятой в проекте последовательностью во времени режимов работы и нагружения.

Если фактические параметры нагружения – скорости изменения и абсолютные значения температуры и давления, количество циклов соответствующих режимов, последовательность режимов, значения перемещений, параметры среды – не превышали проектных или нормируемых параметров и значений, то принимается решение о соответствии оборудования требованиям, установленным конструкторской (проектной) документацией и действующими НД, и целесообразности проведения работ по техническому обоснованию продления срока службы оборудования.

Если фактические параметры нагружения – скорости изменения и абсолютные значения температуры и давления, количество циклов соответствующих режимов, последовательность режимов, значения перемещений, параметры среды – превышали проектные или нормируемые параметры и значения, то принимается решение о выводе оборудования

из эксплуатации или необходимости выполнения расчета на прочность и соответствующих оценок с учетом фактических режимов нагружения и фактических значений определяющих параметров состояния металла с целью подтверждения остаточного ресурса (срока службы) оборудования. На основании анализа результатов расчета и оценок принимается решение о проведении работ по обоснованию возможного срока безопасной эксплуатации оборудования, и/или ремонте (замене отдельных узлов оборудования или оборудования в целом).

6.3. При превышении фактических значений определяющих параметров состояния металла оборудования допускаемым значениям может быть выполнен расчет на прочность и оценки в соответствии с требованиями действующей НД (например, РД ЭО 0330-01) и действующих методик расчета на прочность при наличии трещиноподобных дефектов с учетом фактических режимов нагружения и фактических значений определяющих параметров состояния металла с целью подтверждения остаточного ресурса (срока службы).

Методы, используемые при расчетах на прочность, должны быть консервативными для того, чтобы скомпенсировать неопределенность исходной информации.

Применяемые программы при расчете на прочность должны быть аттестованы в установленном порядке.

На основании анализа результатов расчетов принять решение о проведении работ по техническому обоснованию возможного срока безопасной эксплуатации оборудования, и/или ремонте (замене отдельных узлов оборудования или оборудования в целом), модернизации или реконструкции оборудования.

6.4. Расчеты на прочность выполнять с учетом реального состояния опор оборудования, их целостности и работоспособности.

7. Алгоритм оценки остаточного ресурса

7.1. При положительных результатах контроля металла для оценки остаточного ресурса выполнить расчеты на прочность оборудования в полном объеме требований ПНАЭ Г-7-002-86 и/или других действующих НД (например, РД ЭО 0330-01, НП-031-01).

Если при оценке технического состояния оборудования будут обнаружены дефекты или несплошности, превышающие допустимые по ПК 1514-72 и ПНАЭ Г-7-010-89, рекомендуется использовать соответствующие НД (например, РД ЭО 0330-01).

7.2. Для подтверждения остаточного ресурса установить модель предполагаемых эксплуатационных нагрузок. В качестве модели ежегодных нагрузок принять спектр усредненных нагрузок за последние 10 лет эксплуатации или установить другую модель нагрузок на основе предполагаемых условий и режимов дальнейшей эксплуатации.

На основе принятой модели эксплуатации установить количество циклов нагружения N_i для каждого режима.

7.3. Выполнить расчет циклической прочности в соответствии с действующей нормативной документацией (например, РД ЭО 0330-01) за период эксплуатации и предполагаемого дополнительного срока эксплуатации оборудования при необходимости с учетом:

- изменений механических свойств;
- изменений толщины стенки оборудования вследствие эрозионно-коррозионного износа;
- влияния среды на зарождение и развитие трещиноподобных повреждений;
- максимальных отклонений геометрических размеров свариваемых узлов оборудования от номинальных;

- влияния концентраторов напряжений сварных соединений;
- других, влияющих на ресурсные характеристики, факторов.

В результате расчета циклической прочности оборудования получить допускаемое число циклов нагружения $[N_0]_i$ для режимов, соответствующих принятой модели эксплуатации в предполагаемый дополнительный срок эксплуатации.

Проверить условие прочности оборудования на предполагаемый период эксплуатации по формуле

$$\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{[N_0]_i} = a \leq [a_N]$$

где a – накопленное усталостное повреждение, предельное значение которого $[a_N] = 1$.

Если $a > 0,8$, выполнить расчет циклической прочности с учетом сейсмических воздействий.

7.4. Ресурс оборудования в течение предполагаемого периода эксплуатации обеспечен при подтверждении условий прочности расчетами, выполненными в соответствии с действующими НД (например, с РД ЭО 0330-01).

8. Требования по оформлению результатов обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса оборудования

8.1. Специализированная организация ООО «НСУЦ «ЦМиР», проводящая работы по оценке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, разрабатывает и оформляет следующую документацию:

- Программу обследования;
- Рабочую программу контроля;
- поверочные расчеты на прочность;
- итоговый технический отчет по контролю механических свойств;
- Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе группы однотипного оборудования, которое согласовывается с главным инженером Балаковской АЭС, привлекаемыми к работам предприятиями и организациями и утверждается руководством ООО «НСУЦ «ЦМиР».

8.2. По результатам оценки технического состояния и остаточного ресурса оборудования оформляется Решение о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации оборудования.

К Решению прилагается Заключение о техническом состоянии и остаточном ресурсе оборудования (со всеми приложениями), в том числе отчетная документация по контролю состояния металла оборудования (акты, протоколы, заключения) и расчеты на прочность оборудования с учетом его эксплуатации за пределами срока, установленного в проектной (конструкторской) документации.

Решение о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации подписывается членами комиссии, согласовывается с привлекаемыми к работам специализированными организациями и утверждается главным инженером Балаковской АЭС.

ООО «НСУЦ «ЦМиР», в рамках взятых на себя договорных обязательств, разрабатывает проект Решения, на основании которого Балаковская АЭС оформляет Решение в установленном порядке, включая его согласование и утверждение.

8.3. Решение о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации прилагается к проектно-конструкторской документации на оборудование.

8.4. Документацию по пп. 8.1 – 8.2 рекомендуется внести в базу данных по контролю и управлению ресурсными характеристиками оборудования энергоблока АЭС.

8.5. Если при оценке технического состояния и остаточного ресурса будет установлено, что возникновение повреждений, дефектов связано с режимами эксплуатации или конструктивными особенностями оборудования, то специализированная организация ООО «НСУЦ «ЦМиР», проводившая оценку технического состояния и остаточного ресурса, должна уведомить об этом центральный аппарат ОАО «Концерн Росэнергоатом» с целью принятия мер по предотвращению выявленных причин.

Перечень используемой документации

- 1 НП-017-2000. Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции.
- 2 РБ-029-04. Состав и содержание материалов по обоснованию остаточного ресурса элементов блока атомной станции для продления срока его эксплуатации.
- 3 СТО 1.1.1.01.006.0327-2008. Продление срока эксплуатации блока атомной станции.
- 4 РД-ЭО-0281-01. Положение по управлению ресурсными характеристиками элементов энергоблоков АС.
- 5 РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009. Оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и фильтров энергоблоков атомных станций. Методика.
- 6 ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
- 7 НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97). Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97).
- 8 П-01-01-2006. Перечень основных нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.
- 9 РД-04-31-2001. Требования к составу комплекта и содержанию документов, обосновывающих безопасность в период дополнительного срока эксплуатации блока атомной станции.
- 10 СТО 1.1.1.01.0678-2007. Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций.
- 11 ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчёта на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
- 12 РД ЭО 0330-01. Руководство по расчёту на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК и ВВЭР на стадии эксплуатации.
- 13 М-02-91. Методика определения допустимых дефектов в металле оборудования и трубопроводов во время эксплуатации АЭС.
- 14 ГОСТ 27.002-89. Надёжность в технике. Основные понятия, термины и определения.
- 15 НП-031-01. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций.
- 16 Рабочий технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблока № 1 Балаковской АЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320) Р.1.ОУБ/03.
- 17 Балаковская АЭС. Энергоблок 1. Техническое обоснование безопасности сооружения и эксплуатации.
- 18 Инструкция по эксплуатации. Система расхолаживания энергоблока. ИЭ.1,2.RR,RC.ТЦ-1/15.
- 19 Инструкция по организации и ведению этаноламинового водно-химического режима второго контура И.1,2,3,4.ВХР.ХЦ/20.
- 20 Регламент химического контроля качества технологических сред Балаковской АЭС Р. ХЦ/02.
- 21 ПНАЭ Г-7-010-89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля.

- 22 ПК 1514-72. Правила контроля сварных соединений и наплавки узлов и конструкций атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок.
- 23 ПНАЭ Г-7-016-89. Унифицированные методики неразрушающего контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Визуальный и измерительный контроль.
- 24 ПНАЭ Г-7-031-91. Унифицированные методики неразрушающего контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Часть III. Измерение толщины монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий.
- 25 РД ЭО 0027-05. Инструкция по определению механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости.
- 26 РД ЭО 0069-97. Правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций.
- 27 Комплект технологической документации на проведение технического обслуживания и ремонта. Приемно-сбросное устройство. КТД № 07-93.
- 28 Общие технические условия на ремонт. ТУ ЭО 0144-2001.
- 29 Программа ТОиР теплообменного оборудования, фильтров и баков турбинного отделения энергоблоков № 1, 2, 3, 4 Балаковской АЭС. ОППР-2-09/01.
- 30 Технологическая инструкция по исправлению дефектных участков в монтажных сварных соединениях оборудования и трубопроводов АЭУ. № 18-170.00.000. НИПТиКО «Энергомонтажпроект», 1992.
- 31 Обобщающий отчет по результатам проведения комплексного обследования энергоблока № 1 Балаковской АЭС для продления срока эксплуатации. Балаково, 2008.
- 32 Отчет по результатам обследования оборудования и трубопроводов системы сброса пара в конденсатор РС энергоблока № 1 БалАЭС. Балаково, 2007.
- 33 АТПЭ-9-03. Типовая программа эксплуатационного контроля состояния основного металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов атомных электростанций с ВВЭР-1000 (с изменениями).
- 34 Техническая справка. Сведения об истории нагружения оборудования ТЦ-1 Балаковской АЭС с момента пуска блока по октябрь 2009 г. Балаковская АЭС, 2009 г.
- 35 Техническая справка. Сведения об истории нагружения оборудования ТЦ-1 Балаковской АЭС за период 1999 г. – 2009 г. Балаковская АЭС, 2009 г.

Приложение 2

Комплект актов, протоколов контроля металла приемно-сбросных устройств
турбинного цеха энергоблока №1 Балаковской АЭС

наименование организации, проводившей контроль

№ ОДМИТК- 1-14/795

от « 08 » 02 2010 г.

дата пров. контр. « 01 » 02 201 0 г.

Приемно-сбросное устройство 1RC11S05, черт. Б-802348СБ.

идентификационные данные объекта контроля

Измерение толщины монометалла обечайки, донышек.

наименование выполненного контроля

ПНАЭ Г-7-031-91.

НТД на контрол и оценка на квалитетот

марка стали Вст3сп4 погрешность ±0.2мм запись № 30 в журнале № ОДМпТК-2-21

цель контроля п. 18.1.1 РП.ОДМ-08/1-2010, п. 6.8 Рабочей программы РП.ЦМиР/ТЦ-1/21-09.
 № п. № РПО, заявка, тех. процесс, № тех. карты УЗТ

№ п. № РПО, заявка, тех. процесс, № тех. карты УЗТ

тип прибора DM4E зав. № 01C3T7 тип ПЭП DA 301 зав. № 513

результаты измерений

Контроль выполнил ведущий инженер

Мишуків А.А.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

Руководитель работ руководитель группы

Левчук В.И.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

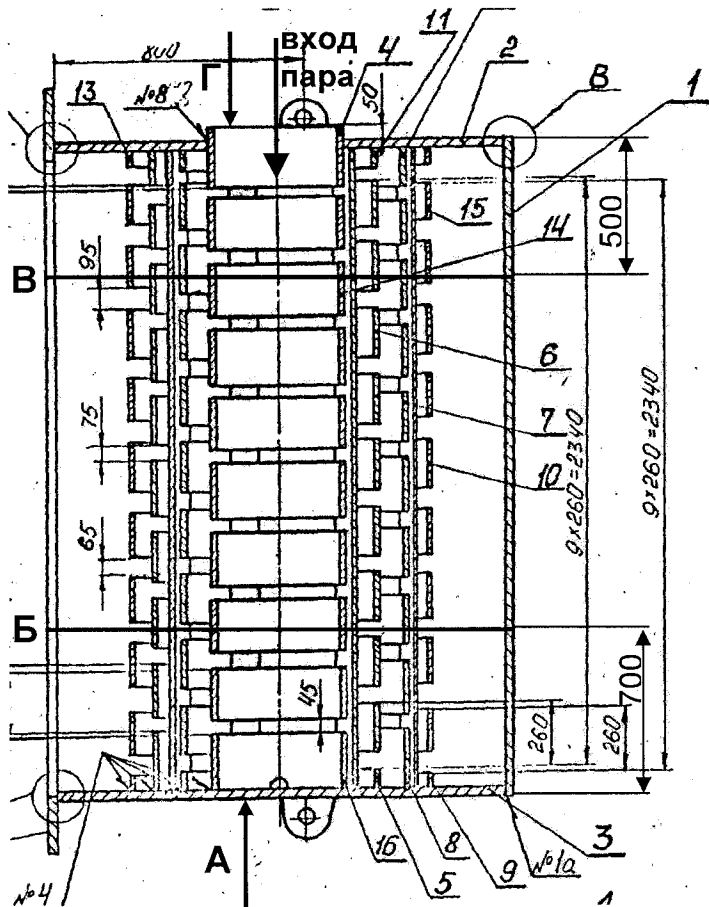
Проверил Высоцкий С.И.

Фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМитК

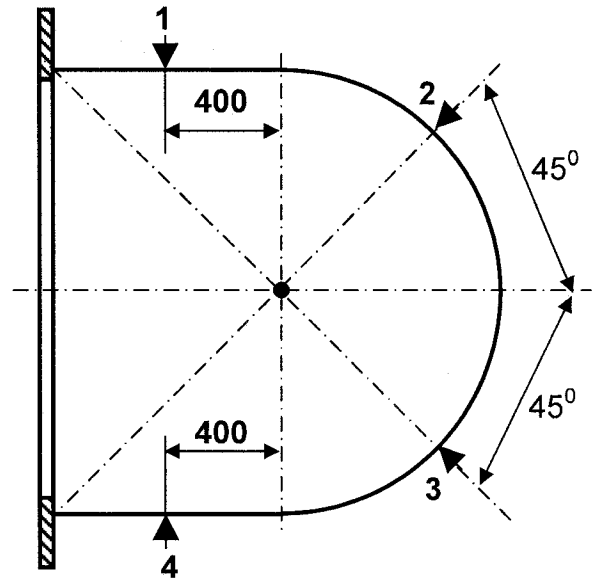
С.В. Якушев

ПОДПИСЬ



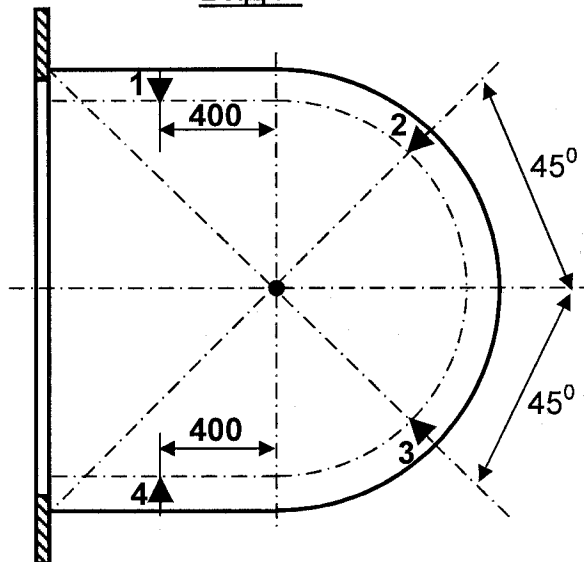
А, Г – виды замеров; Б, В – сечения замеров

Сечения Б, В



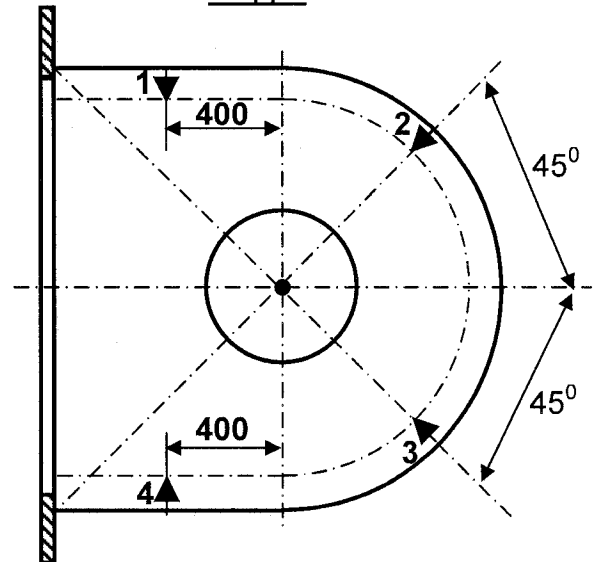
1-4 – точки замеров на обечайке

Вид А



1-4 – точки замеров на нижнем
донышке на расстоянии 50 мм от
края обечайки

Вид Г



1-4 – точки замеров на верхнем
донышке на расстоянии 50 мм от
края обечайки

Схему контроля составил: рук. группы Левчук В.И.

[Signature]

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»
«Балаковская атомная станция»
ОДМиТК
Энергоблок № 1, ТО

ПРОТОКОЛ

от 27.01.2010г. №ОДМиТК 1-14/253
визуального и измерительного контроля.
Паросбрасывающие устройства
конденсаторов турбин.

1.ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ: Паросбрасывающие устройства конденсаторов турбин (ПСУ), 3Н, черт. Б-802348, 1RC11B05, B06, 1RC12B05, B06, материал сталь Вст3сп4, завод-изготовитель ХТГЗ.

2.ЦЕЛЬ КОНТРОЛЯ: Оценка состояния металла согласно п. 18.1. «Рабочей программы...» РП.ОДМ-08/1-2010.

3.МЕТОДЫ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЯ: Визуальный и измерительный контроль согласно ПНАЭГ-7-016-89, ПК 1514-72, КТД 07-93, тех. карты № 1-4/ТЦ-808.

Дата проведения контроля 22.01.2010г. с 09-00 до 12-00 часов.

Освещенность в зоне контроля в соответствии с ПНАЭГ-7-016-89.

Измерительный инструмент: ШЦ-1-125-0,1, зав. №337713.

3.1. Основной металл обечайки и доньшек S=12 (в доступных местах) в объеме 100%.

3.2. Основной металл дросселирующих элементов S=12 в объеме 100%.

3.3. Сварные соединения доньшек с обечайками и ПСУ с панелью переходного патрубка конденсатора S=12/S=12 №№ 1, 2, 3, 1а, 2а в объеме 100%.

3.4. Сварные соединения дросселирующих элементов с доньшками и распорками, продольные сварные дросселирующих обечаек S=12 №№4, 5, 6, 7 в объеме 100%.

4.РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ: При визуальном и измерительном контроле по п. 3.1÷3.4. настоящего протокола дефектов не выявлено. Геометрические размеры сварных соединений соответствуют требованиям чертежа.

5.ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Визуальный и измерительный контроль выполнен в объеме п. 18.1. «Рабочей программы...» РП.ОДМ-08/1-2010, дефектов не обнаружено.

И.о. начальника ОДМиТК

Инженер ОДМиТК

Инженер ОДМиТК

Н.А. Кожевников

А.С. Евташов

В.В. Булычев

**АКТ № ИМС-008/ТЦ-1/21-09 от 30.06.2010 г.
об измерении механических свойств**

Объект контроля, зона контроля: приемно-сбросное устройство 1RC11S05, СС корпуса

№ п.п. «Рабочей программы контроля металла тепломеханического оборудования ТЦ-1 энергоблока №1 Балаковской АЭС в период ППР-2010 с целью оценки технического состояния и остаточного ресурса»: 6.8.2

Инструкция по проведению контроля: РД ЭО 0027-05

Документ, по которому производится оценка качества: ПНАЭ Г-7-002-86, ПНАЭ Г-7-010-89

Приборные средства: твердомер ТЕСТ-МИНИ-(УТ), сертификат о калибровке № 3/360-01-10 от 20.01.2010 г.

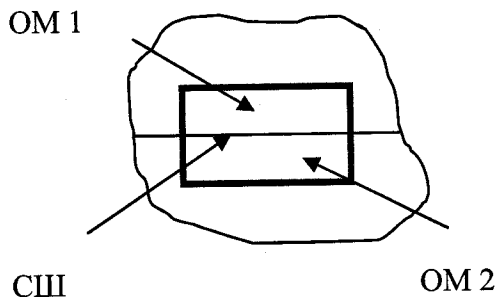
Результаты контроля

Зона контроля включает следующие элементы:

- Обечайка, материал ВстЗсп4, ГОСТ 10706-76;
 - Сварной шов, УОНИИ 13/55, ГОСТ 9087-81;
 - Обечайка, материал ВстЗсп4, ГОСТ 10706-76;
- Траб=197 °С.

Контролируемый элемент	Источник данных		20 °С					200 °С	
			НВ	R _m , МПа	R _{0.2} , МПа	A ₅ , %	Z, %	R _m , МПа	R _{0.2} , МПа
Обечайка	Нормат. требования ПН АЭ Г-7-002-86		-	373	245	26	50	343	235
	Нормат. требования ГОСТ 10706-76		-	372	245	23	-	-	-
	Данные измерений	ОМ 1	131±15	466±47	284±43	25±5	69±21	428	273
		ОШЗ 1	138±15	488±49	304±46	24±5	68±20	449	291
Сварной шов	Нормат. требования ПНАЭ Г-7-010-89		-	431	255	20	50	-	-
	Данные измерений	СШ	171±27	584±88	409±82	19±4	64±19	-	-
Обечайка	Нормат. требования ПН АЭ Г-7-002-86		-	373	245	26	50	343	235
	Нормат. требования ГОСТ 10706-76		-	372	245	23	-	-	-
	Данные измерений	ОМ 2	128±11	459±46	277±41	25±5	69±21	422	265
		ОШЗ 2	139±18	491±49	306±46	24±5	68±20	451	294

Схема расположения элементов в зоне контроля



Заключение: Механические свойства сварного соединения соответствуют требованиям нормативной документации с учетом погрешности по РД

Контроль выполнил: старший научный сотрудник ООО НСУЦ «ЦМиР»
должность

Фролов И.В.
Фамилия и инициалы

подпись

Руководитель работ: руководитель группы ООО НСУЦ «ЦМиР»
должность

Левчук В.И.
Фамилия и инициалы

подпись

Отчет о научно-исследовательской работе.

Расчет на прочность приемно-сбросного устройства 1RC11S03(04-08),
1RC12S03(04-08) (черт. Б-802348) в рамках работ по продлению срока службы
энергоблока №1 Балаковской АЭС (заключительный) № 04/01-10-Р.З., 2010 г.

ООО «Инженерный центр «Электродинамика»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «Инженерный центр
«Электродинамика»



В.К. Дзугаев

2010 г.

УДК -
№ госрегистрации -
Инв.№

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИЕМНО-СБРОСНОГО УСТРОЙСТВА 1RC11S03(04-08),
1RC12S03(04-08) (ЧЕРТ. Б-802348) В РАМКАХ РАБОТ ПО ПРОДЛЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ
ЭНЕРГОБЛОКА №1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС

(заключительный)

№ 04/01-10-Р.З.

Специалист по прочности
оборудования АЭС
канд. техн. наук


подпись, дата

С. Г. Фиш

Обозначения и сокращения

ТЦ	турбинный цех
АЭС	атомная электростанция
ВВЭР	водо-водяной энергетический реактор
ПКД	проектно-конструкторская документация
РД	руководящий документ
ППР	планово-предупредительный ремонт
черт	чертеж (чертежи)
НУЭ	нормальные условия эксплуатации
ПЗ	проектное землетрясение
ПГС	паро-газовая смесь
ПСУ	приемно-сбросное устройство
Кг	килограмм
См	сантиметр
(М)Па	(мега) паскаль
Н	ньютон
М	метр
Об	оборот
Мин	минута
Сек	секунда
Рад	радиан
Гц	герц
μ	коэффициент Пуассона
α	коэффициент температурного расширения
Е	модуль упругости
Rm	предел прочности (временное сопротивление) материала
Re (Rp0,2)	предел текучести материала
ρ	плотность

P	давление
S	толщина стенки
σ	напряжение
T	температура
D(d)	диаметр
M	масса
P	сила
Z	относительное сужение образца
N	количество циклов
R	коэффициент асимметрии цикла
R-1,	предел усталости
N	коэффициенты запаса прочности
a	коэффициент повреждаемости (накопленная циклическая повреждаемость)
$\lambda, \bar{\lambda}$	гибкость балки, приведенная гибкость балки
φ	коэффициент продольного изгиба центрально-сжатых элементов
i_{min}	наименьший главный радиус инерции площади сечения профиля
Куост	коэффициент запаса устойчивости

Размерности обозначений физических величин приведены в тексте расчета.

Обозначения, относящиеся к непосредственным геометрическим характеристикам изделия, приведены в тексте расчета.

1. Введение

1.1. Настоящий расчет выполнен в рамках реализации работ по договору № 04/01-10 от 19.02.2010 г. «Проведение расчетного обоснования прочности тепломеханического оборудования энергоблока №1 Балаковской АЭС за пределами 30 лет службы», заключенному между ООО «НСУЦ «ЦМиР» и ООО «Инженерный центр «Электродинамика».

1.2. ООО «Инженерный центр «Электродинамика» является официальным представителем ОАО «Турбоатом» (ХТГЗ им. Кирова) в России и имеет возможность поиска (восстановления) ПКД на оборудование, спроектированное ХТГЗ им. Кирова, для которого ПКД на Балаковской АЭС имеется не в полном объеме или отсутствует. С учетом сказанного, расчет на прочность ПСУ выполнен с использованием чертежей, полученных непосредственно с завода-изготовителя.

1.3. ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 являются идентичными как по конструкции, так и по параметрам нагружения (давление, температура). Анализ фактического числа эксплуатационных циклов нагружения и параметров нагружения, соответствующих рассматриваемым циклам, показывает, что ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 эксплуатировались в одинаковых условиях. Учитывая, что ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 представляют собой группу однотипного оборудования, в данном отчете представлен расчет на прочность ПСУ без привязки к конкретной технологической позиции, при этом результаты выполненного расчета распространяются на ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08.

1.4. Задачей настоящего поверочного расчета на прочность ПСУ (черт. Б-802348), находящегося в эксплуатации в цехе ТЦ-1 энергоблока № 1 Балаковской АЭС является проверка условий устойчивости, статической, циклической (с учетом повреждаемости от всех эксплуатационных нагрузок) и сейсмической прочности при работе на проектных параметрах в течение продлеваемого срока службы 30 лет.

2. Описание работы

2.1. Расчет выполнен в соответствии с ПНАЭ Г-7-002-86, РД ЭО 0330-01, НП-031-01, СНиП II-23-81 и включает следующие разделы:

- расчет на статическую прочность в стационарном режиме;
- расчет на устойчивость;
- расчет на сейсмическую прочность (НУЭ+ПЗ);
- расчет на циклическую прочность, включая расчет накопленного усталостного повреждения.

2.2. В соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-002-86 не проводились расчеты:

- на длительную циклическую прочность, так как рабочая температура ниже температуры начала ползучести (п. 5.7);
- на хрупкую прочность, так как рассчитываемое ПСУ не находится под воздействием нейтронного облучения интенсивностью более 10^{22} нейтр./м² при $E \geq 0,5$ МэВ (п. 5.8.1.9) и толщина стенки основных элементов не превышает установленную (п. 5.8.1.9) величину;
- на длительную статическую прочность, так как рабочая температура ниже температуры начала ползучести (п. 5.9.1);
- на прогрессирующее формоизменение в связи с отсутствием остаточных деформаций в корпусных элементах ПСУ (п. 5.10.1);
- на вибропрочность, поскольку действующие вибрационные нагрузки на ПСУ незначительны;
- внутренних дросселирующих устройств т.к. на них не распространяются требования ПНАЭ Г-7-008-89 (см. п. 1.1.2) и соответственно не распространяются нормы расчета ПНАЭ Г-7-002-86 (в расчет заложены балки крепления дроссельных секций и соответственно учтены все нагрузки передаваемые секциями и балками на внешний корпус);
- для режимов срабатывания АЗ, изменения мощности реактора, аварийной ситуации, так как данные режимы не заложены в технической и эксплуатационной документации на изделие и имевшие место нарушения в работе энергоблока в целом (с момента пуска до настоящего времени) не могли оказать влияния на прочность ПСУ.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

приёмно-сбросное устройство

черт. Б-802348

технологические позиции 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

№ 04/01-10-РПЗ.3.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	04/01-10-РПЗ.3.					Лист
										1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Содержание

A1 Исходные данные для расчета.....	3
A2 Построение сетки конечных элементов	6
A3 Расчет на статическую прочность (НУЭ).....	8
A4 Расчет на устойчивость	14
A5 Расчет на прочность к сейсмической нагрузке.....	17
A6 Расчет на циклическую прочность.....	19
A7 Лист регистрации изменений	23
Список использованных источников.....	24

Инв. № дубл.		Подп. и дата											
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	04/01-10-РПЗ.3.					
			Разраб.		Фиш С.Г.			Приемно-сбросные устройства 1RC11S03+1RC11S08 1RC12S03+1RC12S08 Расчетно-пояснительная записка					
			Пров.								Лит.	Лист	Листов
			Н.контр.								И	2	24
			Утв.		Дзугаев В.К.						г. Москва ООО «Электродинамика»		

А1 Исходные данные для расчета

Свойства материалов.

По результатам контроля механических свойств металла элементов ПСУ 1RC11S05, выполненного в ППР-2010 на момент окончания проектного срока эксплуатации, установлено, что фактические механические свойства основного металла и сварных соединений ПСУ на момент окончания 30-летнего проектного срока службы соответствуют требованиям действующих НТД, деградации механических свойств металла не обнаружено. Анализ действующих механизмов старения, выполненный при прогнозировании изменения механических свойств металла элементов ПСУ в процессе длительной эксплуатации, позволяет сделать вывод, что значения механических свойств металла на момент окончания планируемого сверхпроектного срока службы (30 лет) будут соответствовать требованиям действующих НТД.

В связи с этим механические свойства материалов, использованные при проведении поверочного расчета ПСУ, приняты по данным ПНАЭ Г-7-002-86 [1] и приведены в таблице 1 (см. п. 2.3 Отчета).

Геометрические размеры.

Номинальные геометрические размеры элементов ПСУ, включая толщины стенок, выбирались в соответствии с чертежами Б-802348, М-847027, М-847023, М-847024. При этом на стадии проведения поверочного расчета на прочность элементов ПСУ, для которых в ППР-2010 по результатам ультразвуковой толщинометрии были получены фактические значения толщин после 24 лет эксплуатации, толщина стенки элементов ПСУ выбиралась в соответствии с требованиями п. 4.1.2 РД ЭО 0330-01 [2]. Для элементов ПСУ, контактирующих с пароводяной средой, для которых контроль фактических толщин не проводился, толщина стенки выбиралась равной номинальному значению (по сборочным чертежам) за вычетом прибавок C_1 и C_2 к толщине стенки. При этом прибавка C_1 выбиралась равной минусовому допуску на толщину полуфабриката для компенсации возможного утонения изделия при изготовлении, прибавка C_2 выбиралась равной удвоенному значению по таблице 4.1. Норм расчета ПНАЭ Г-7-002-86 [1] для компенсации утонения стенки за счет всех видов коррозии в течение рассчитываемого общего срока эксплуатации ПСУ 60 лет.

Учитывая сложность оболочек и схем нагружения, расчет корпусных деталей выполнен методом конечных элементов (МКЭ) в программе ANSYS (аттестат ГАН №145 от 31.10.2002 г.).

Име. № подл.	Подп. и дата	Име. № дубл.	Подп. и дата	Взам. име. №	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	04/01-10-РПЗ.3.	Лист
						3

Расчетная модель.

Расчетная модель ПСУ приведена на рисунке А.1.

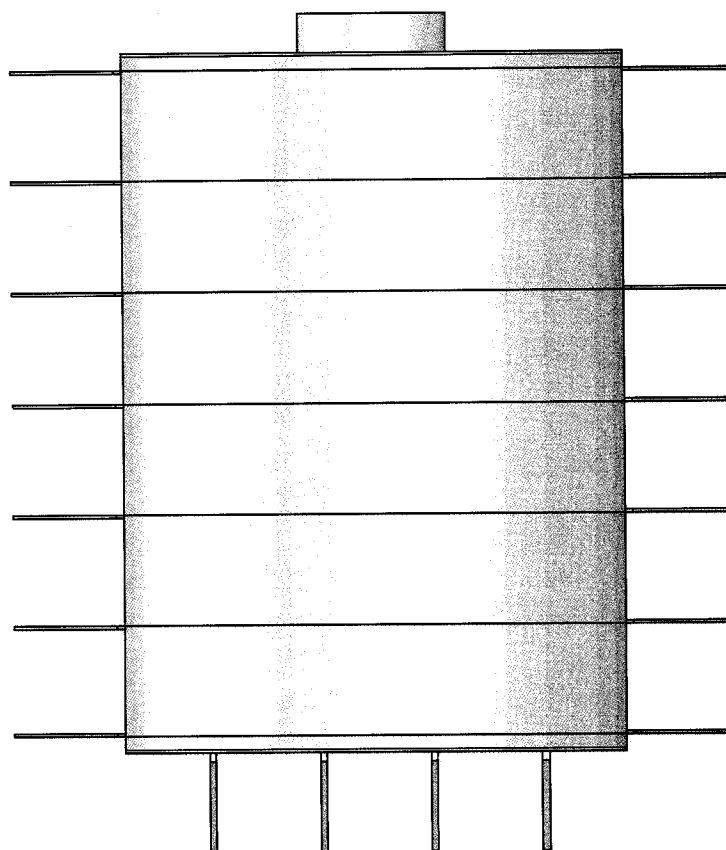
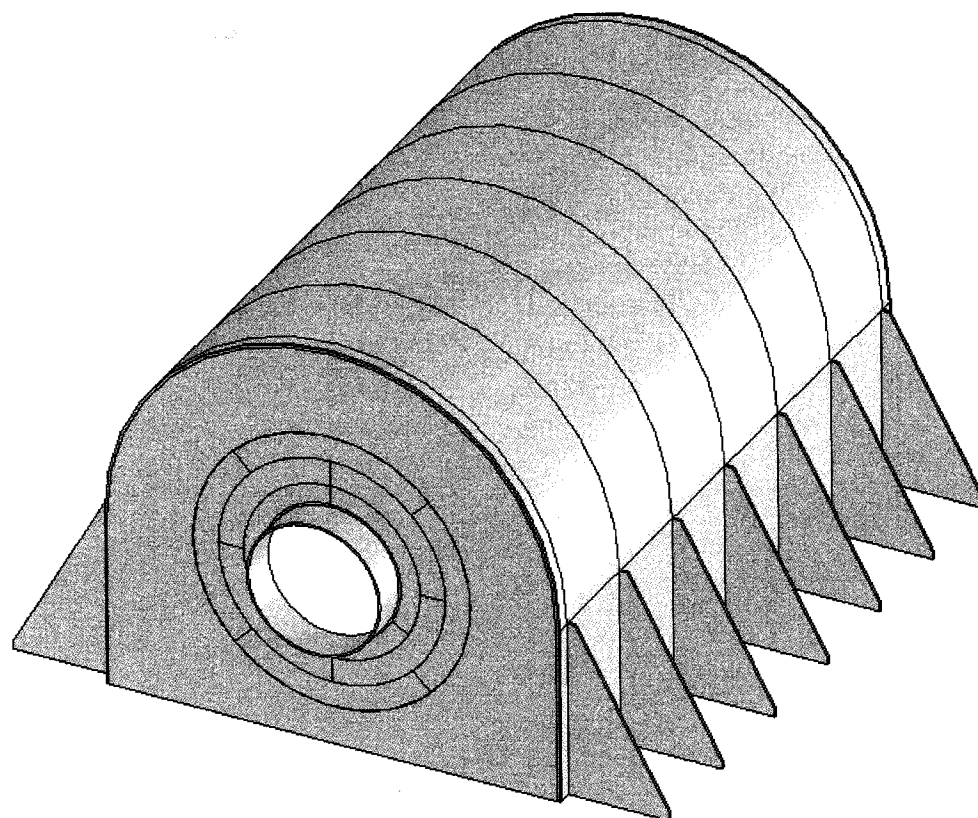


Рисунок А.1 - Модель ПСУ

Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

04/01-10-РПЗ.3.

Параметры решения при НУЭ.

1. Материал корпусных деталей имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости $E_c=196000\text{МПа}$, коэффициентом Пуассона $\mu=0,3$, плотностью 7800 кг/м^3 .

2. Нагрузки:

2.1. Давление в корпусе в зависимости от ступени дроссельной секции приведено ниже

Ррасч (на входе I ступени)	2,22 ата
Ррасч (на входе II ступени)	1,221 ата
Ррасч (на входе III ступени)	0,67 ата
Ррасч (на входе IV ступени)	0,37 ата
Ррасч (на выходе ПСУ)	0,2 ата

2.2. Расчетная температура 90°C ;

2.3. Задание гравитационного ускорения $9,8\text{ м/с}^2$;

2.4. Задание распределенной силы на балки крепления дроссельных секций от веса секций.

2.5. Закрепление модели по плоскостям примыкания к конденсатору, в том числе по плоскостям опорных ребер.

3. Расчет приведенных напряжений в целом для модели и местных мембранных и изгибных напряжений по путям поперек стенки – для зон с наибольшей концентрацией напряжений и характерных сечений модели.

Параметры решения при НУЭ+ПЗ:

1. Параметры решения при НУЭ.

2. Коэффициент демпфирования $\xi=0,02$.

3. Задание спектров ответа (сейсмических ускорений основания), соответственно вдоль осей: X, Y, Z в соответствии с приложением 9 [1] и требованиями [2].

По X

f, Гц	1	2	4	8,2	12,2	22	35
a, м/с ²	0,84	2,4	3,24	3,2	1,44	0,9	0,5

По Y

f, Гц	1	2	4	8,2	12,2	22	35
a, м/с ²	0,36	0,6	1,56	0,72	0,65	0,48	0,3

По Z

f, Гц	1	2	4	8,2	12,2	22	35
a, м/с ²	0,84	2,4	3,24	3,2	1,44	0,9	0,5

4. Расчет приведенных напряжений в целом для модели и местных мембранных и изгибных напряжений по путям поперек стенки – для зон с наибольшей концентрацией напряжений и характерных сечений модели.

Расчет на циклическую прочность.

По результатам всех расчетов выполнен расчет на циклическую прочность с учетом следующих параметров:

- количество циклов нагружения с учетом прогноза – пуск/останов:100;
- количество циклов ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ: 50.

Выполнен расчет накопленной усталостной повреждаемости.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

04/01-10-РПЗ.3.

Лист

5

A2 Построение сетки конечных элементов

Сетка состоит из элементов:

solid 95 – для моделирования механики движения стальных элементов. Для улучшения точности и достоверности дальнейших расчетов при построении сетки использовалась опция гексаэдров с предварительной разбивкой модели на простые фигуры.

beam 189 – для моделирования стяжных и опорных балок.

Сетка конечных элементов расчетной модели показана на рисунке A.2.

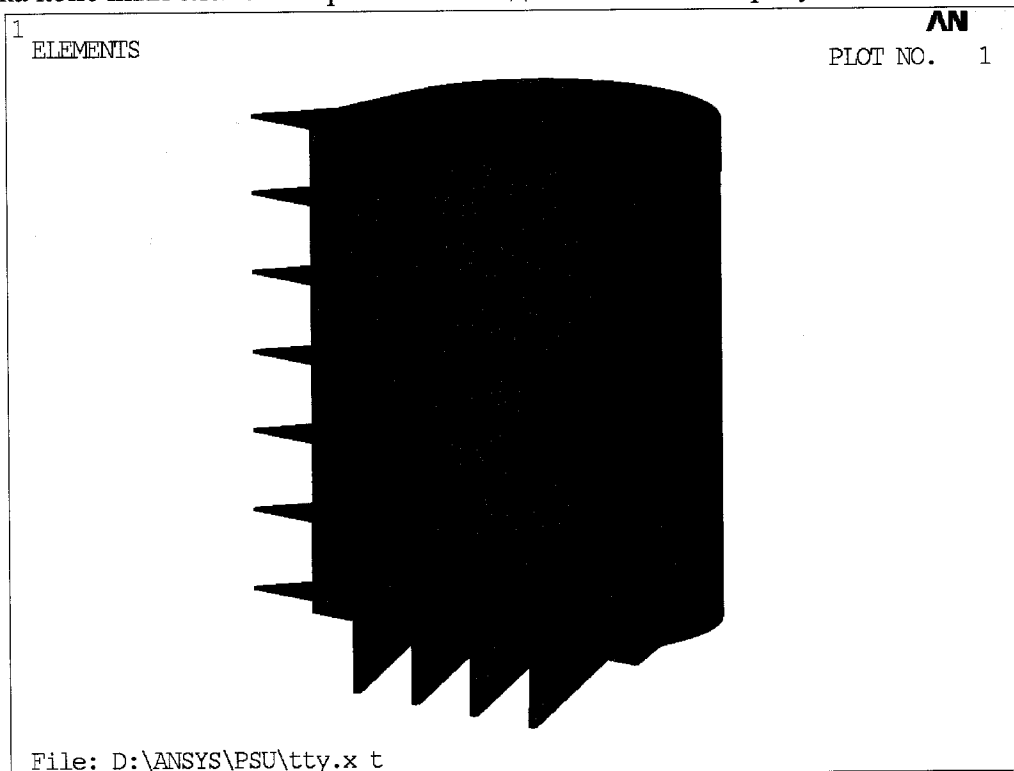


Рисунок A.2а - Сетка конечных элементов ПСУ

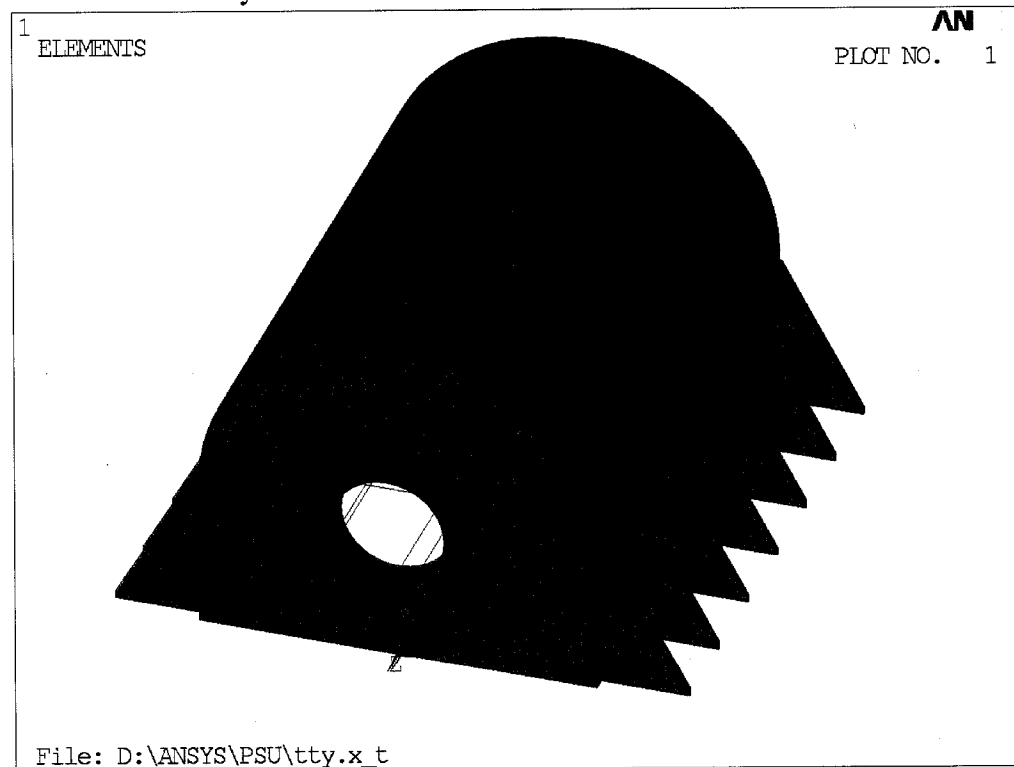


Рисунок A.2б - Сетка конечных элементов ПСУ (повернуто)

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № инв. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Име. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

04/01-10-РПЗ.3.

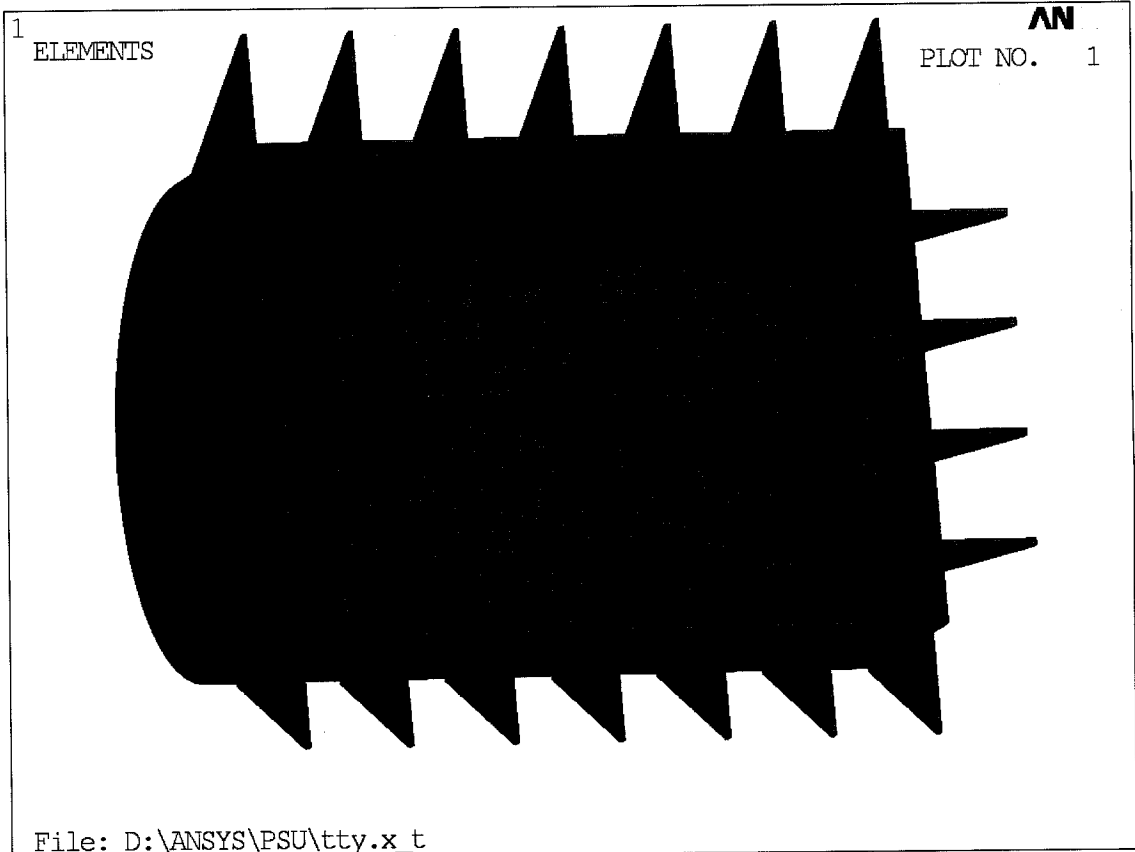


Рисунок А.2в - Сетка конечных элементов ПСУ (повернуто)

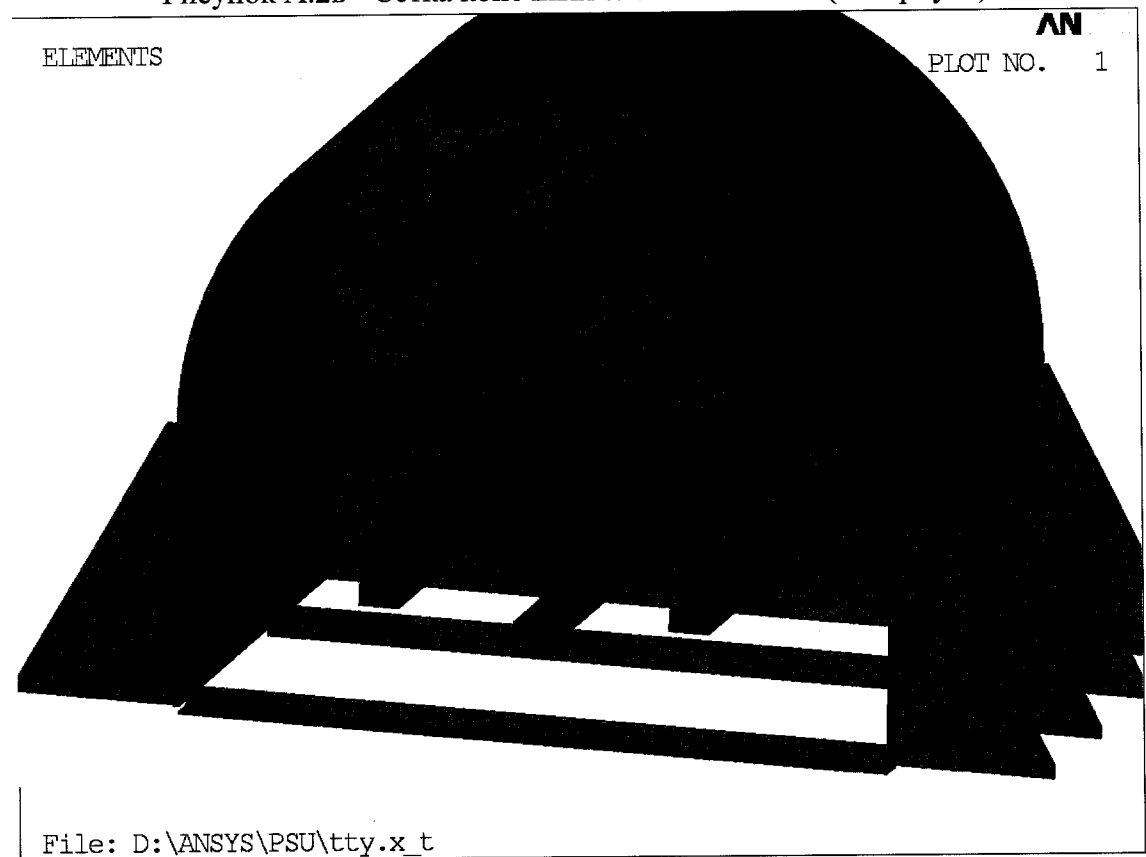


Рисунок А.2г - Сетка конечных элементов ПСУ (повернуто)

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

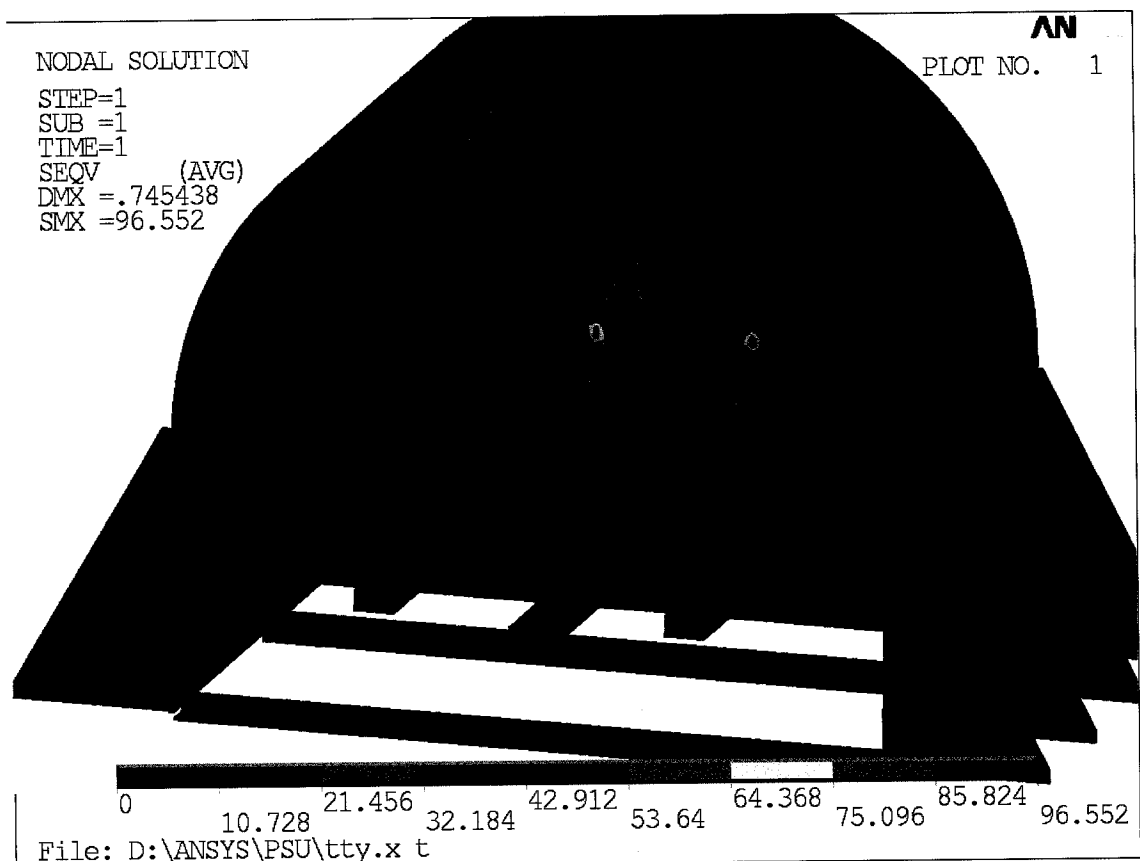
04/01-10-РПЗ.3.

Лист

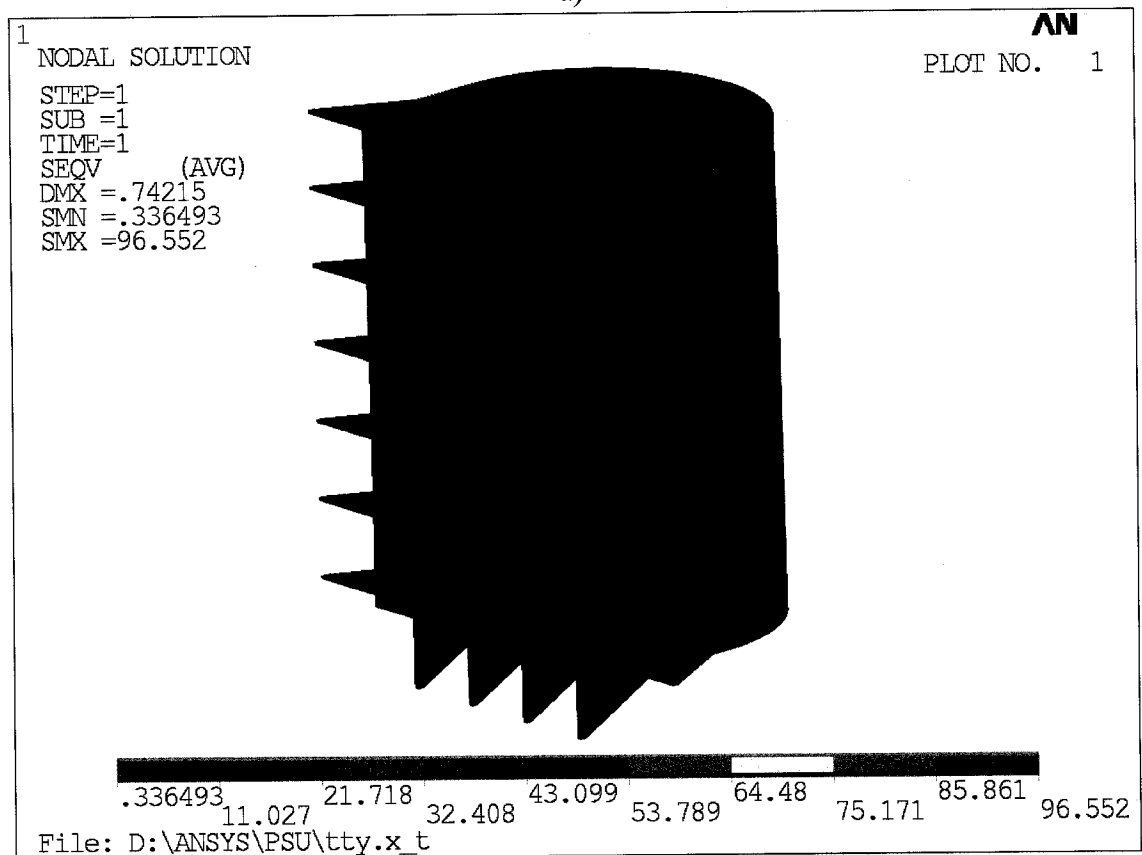
7

А3 Расчет на статическую прочность (НУЭ)

Вид напряженно-деформированного состояния ПСУ показан на рисунке А.3.



a)



б)

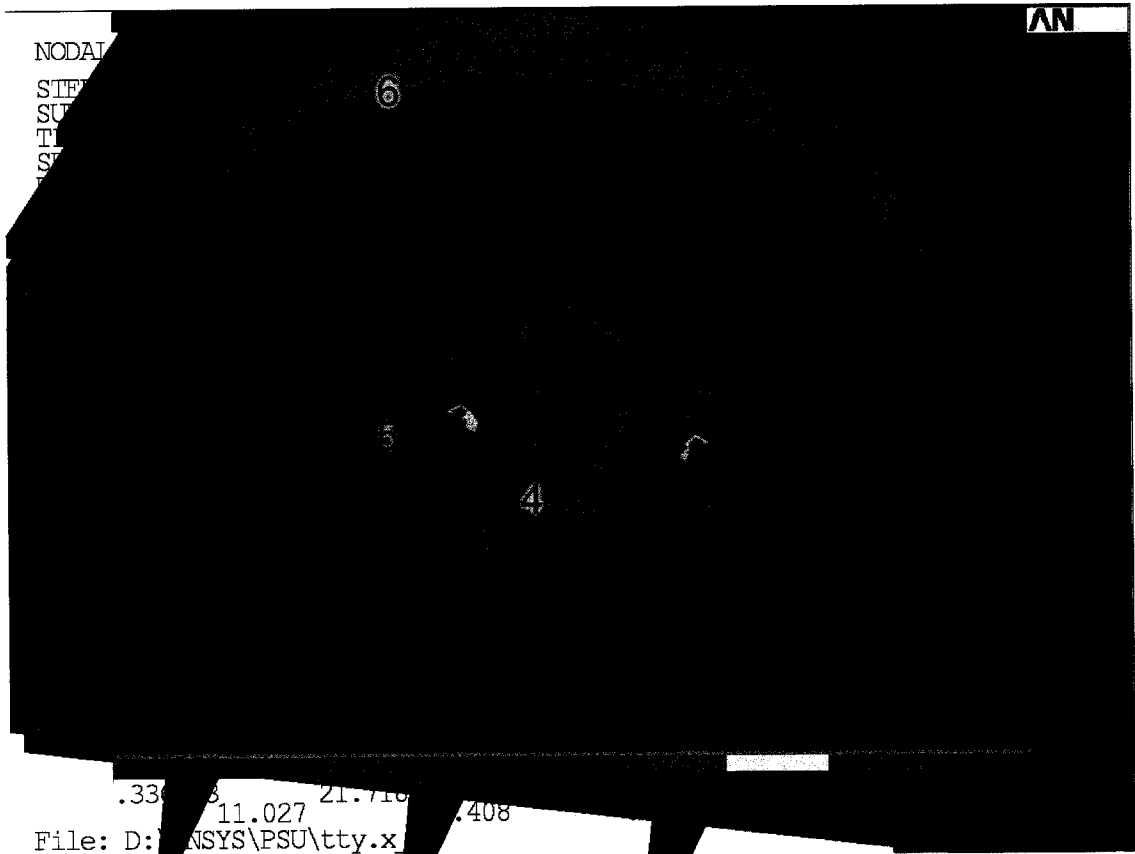
Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

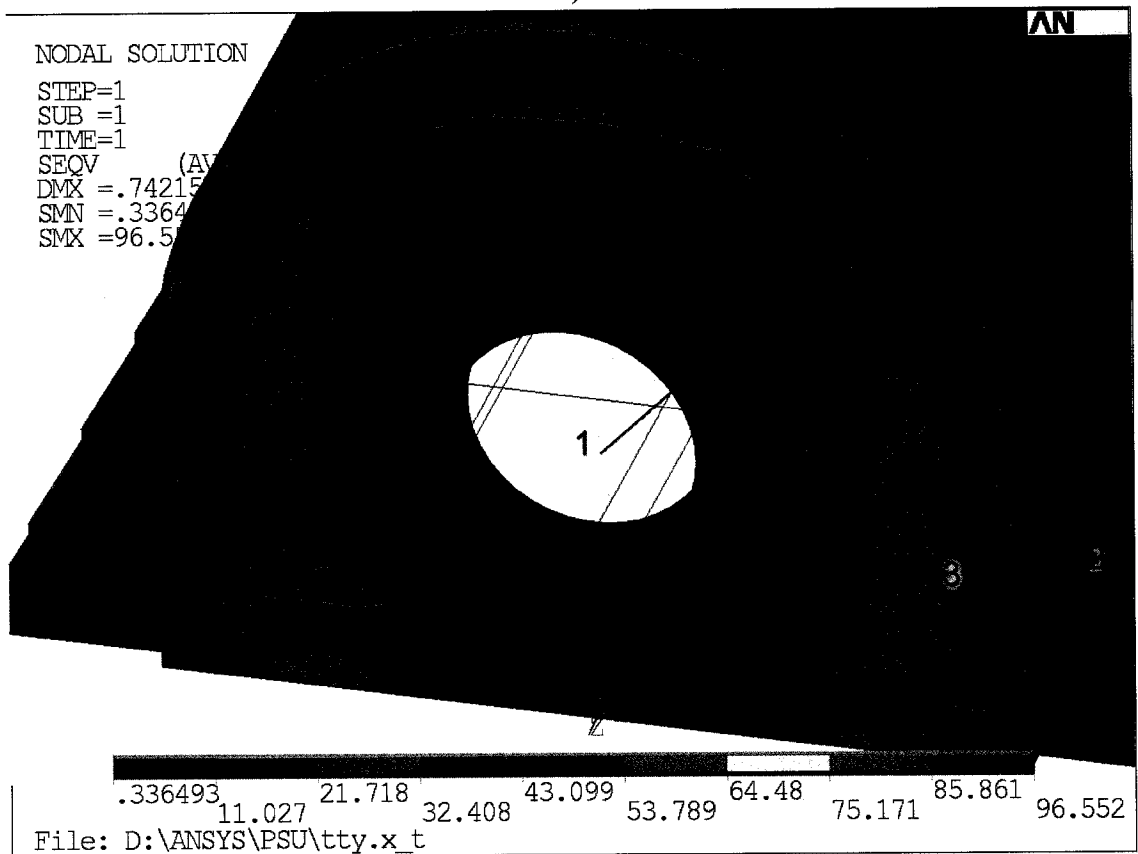
04/01-10-ППЗ.3.

Лист
8

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата



В)



Г)

Рисунок А.3 - Напряженно-деформированное состояние модели

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

04/01-10-РПЗ.3.

Диаграммы местных напряжений в соответствующих сечениях показаны на рисунках А.4÷А.9.

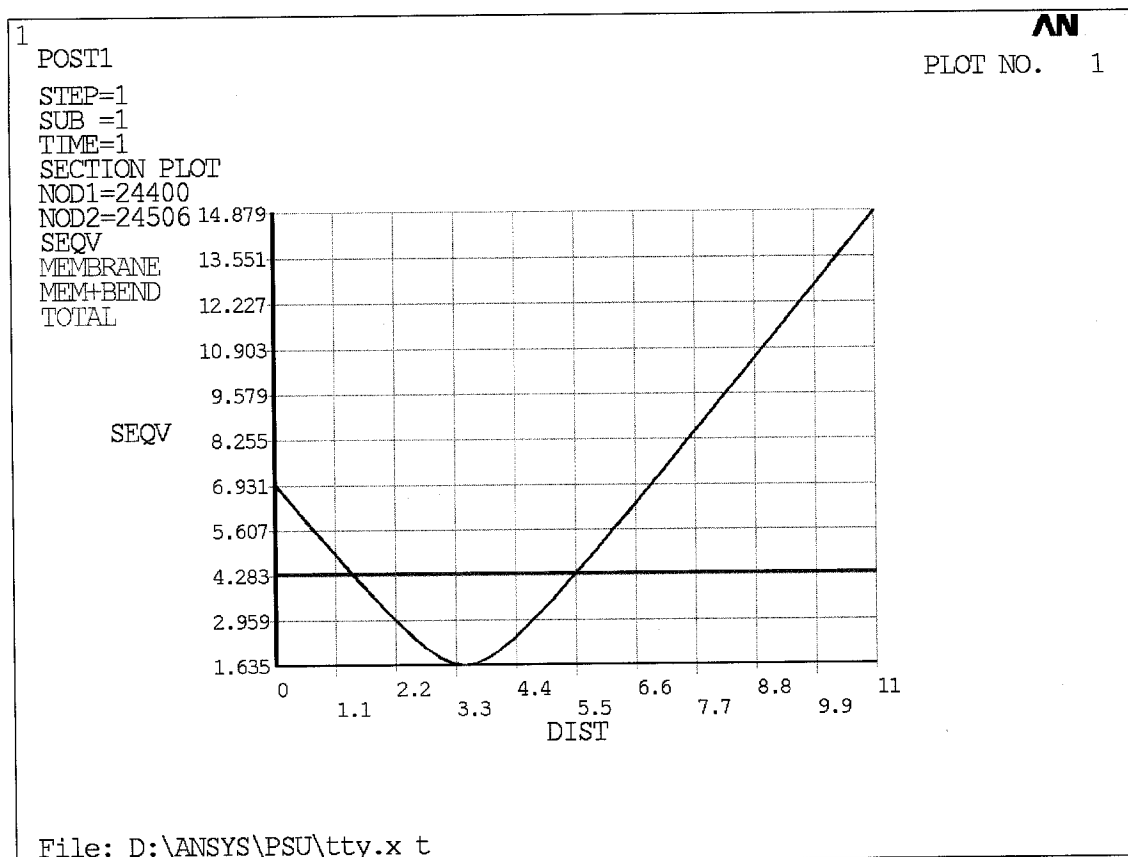


Рисунок А.4 - Напряжения для зоны 1

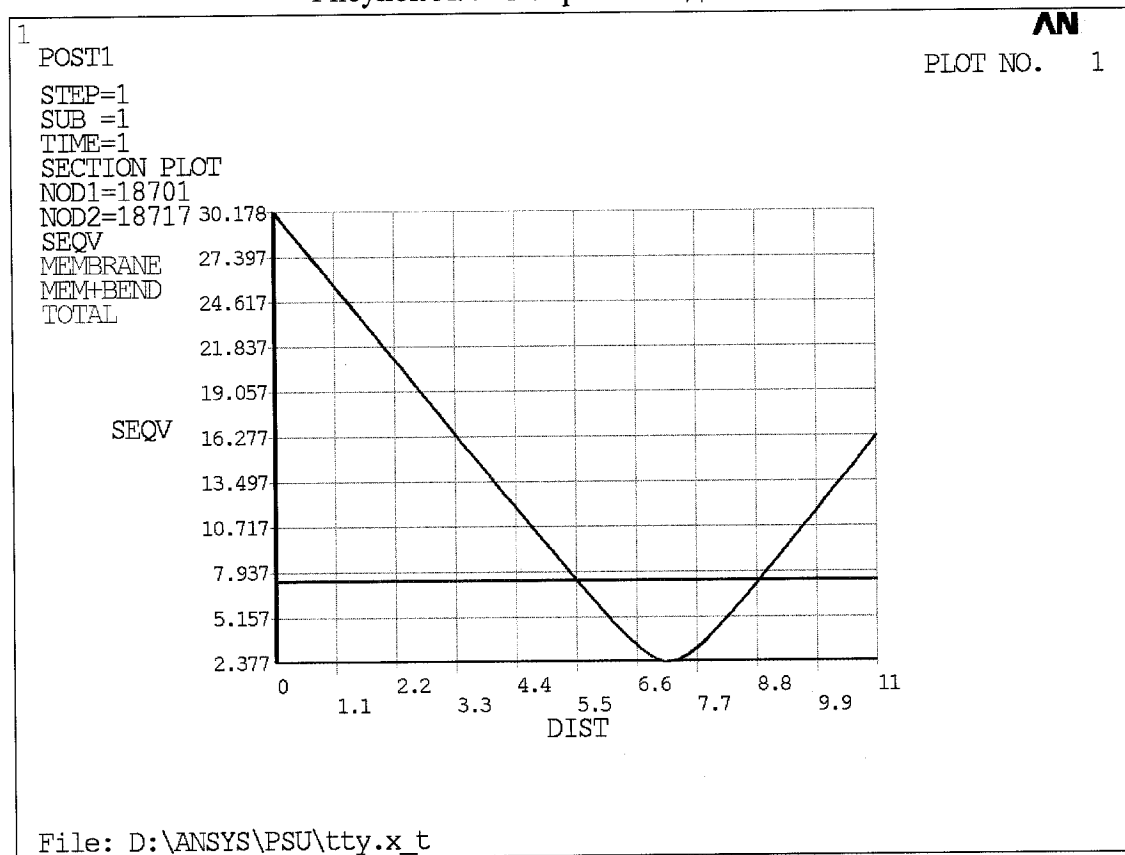


Рисунок А.5 - Напряжения для зоны 2

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

04/01-10-ППЗ.3.

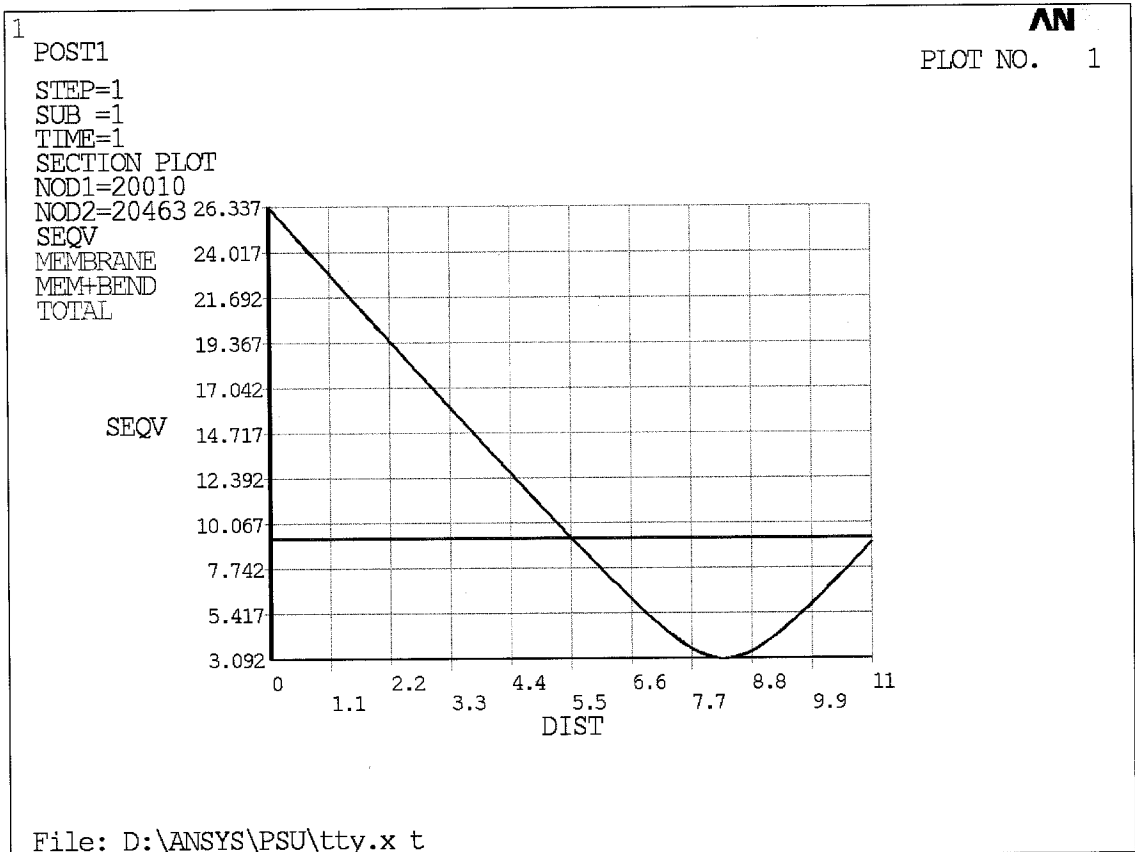


Рисунок А.6 - Напряжения для зоны 3

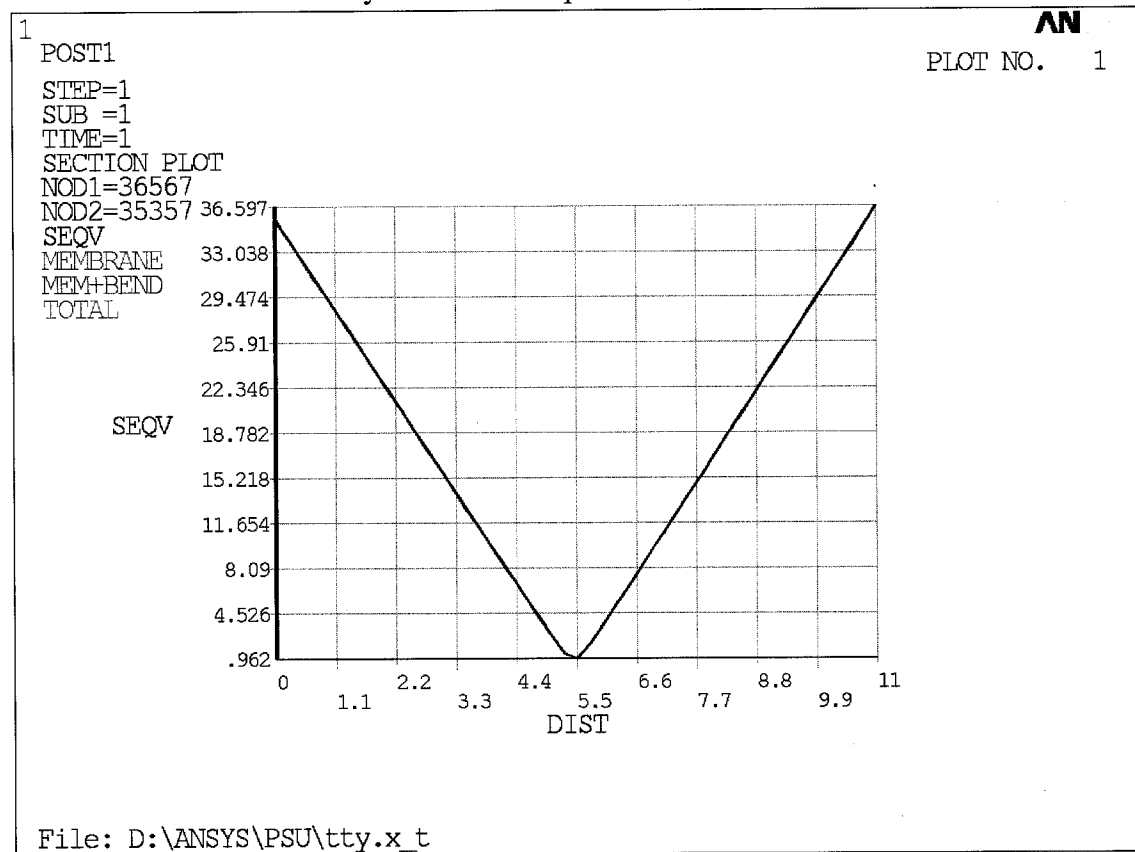


Рисунок А.7 - Напряжения для зоны 4

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

04/01-10-РПЗ.3.

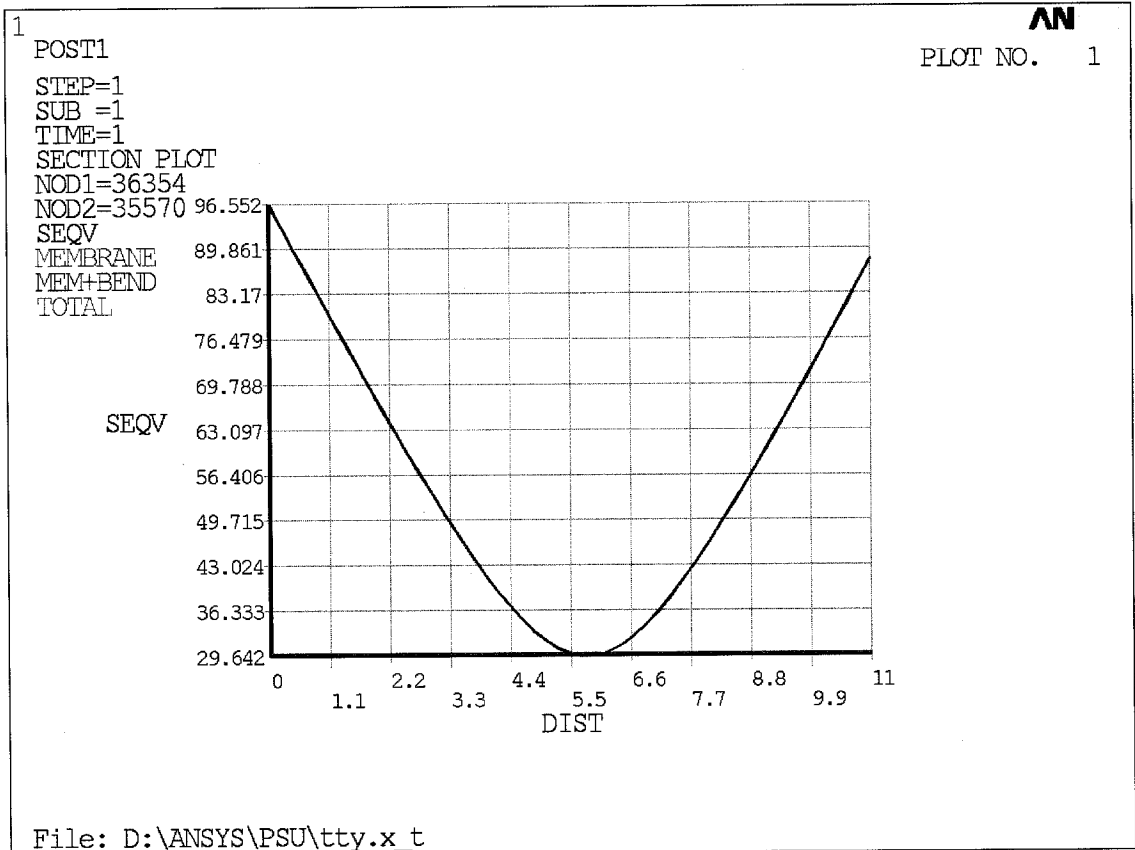


Рисунок А.8 - Напряжения для зоны 5

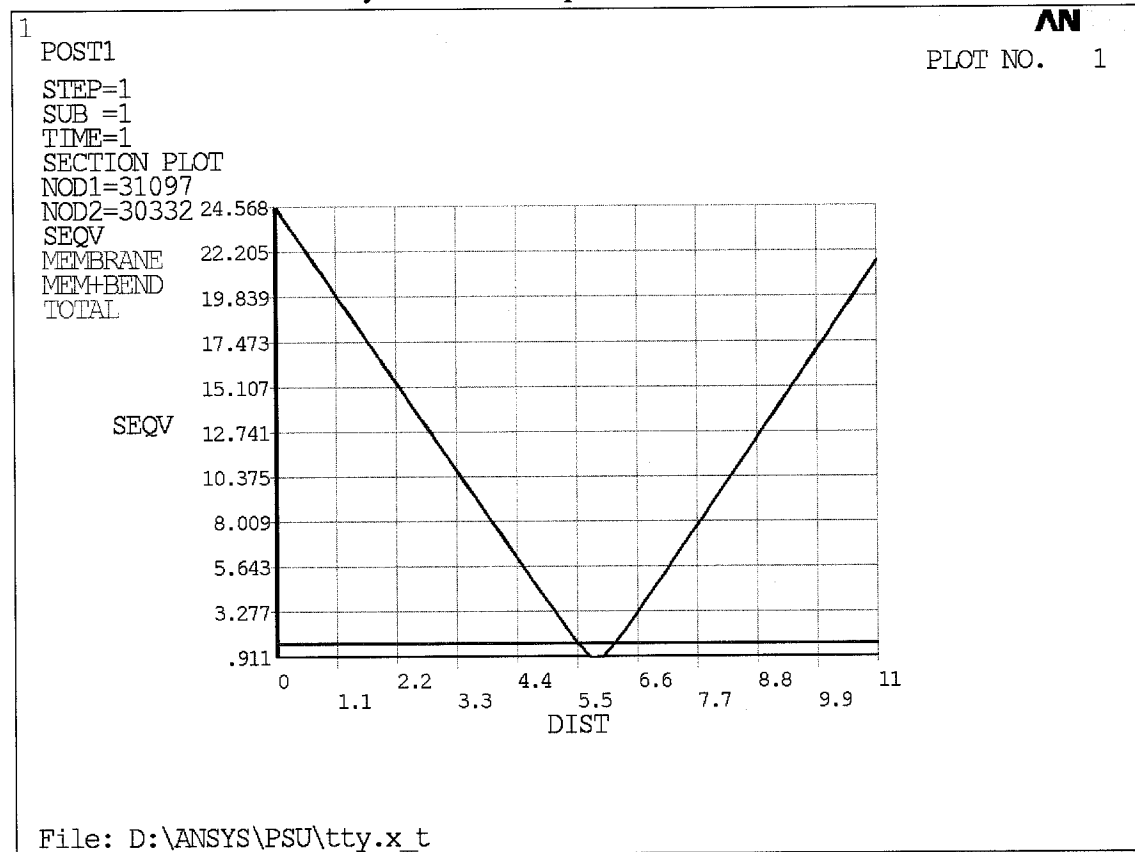


Рисунок А.9 - Напряжения для зоны 6

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

04/01-10-РПЗ.3.

13

А4 Расчет на устойчивость

Расчет выполнен в программе Ansys, блок «Eigen Buckling», использован метод «Lanczos». Численное решение заключается в последовательном (программа выполняет автоматически) увеличении нагрузок и фиксации момента начала «лавинообразного» увеличения перемещений – точки потери устойчивости, а так же вычислению коэффициента запаса устойчивости статически нагруженной системы относительно системы на грани устойчивости.

Критерием является сравнение расчетного коэффициента запаса устойчивости с допустимым по СНиП II-23-81 [6].

На рисунке А.10 показана первая форма потери устойчивости и вычисленный коэффициент запаса по устойчивости – 13,41.

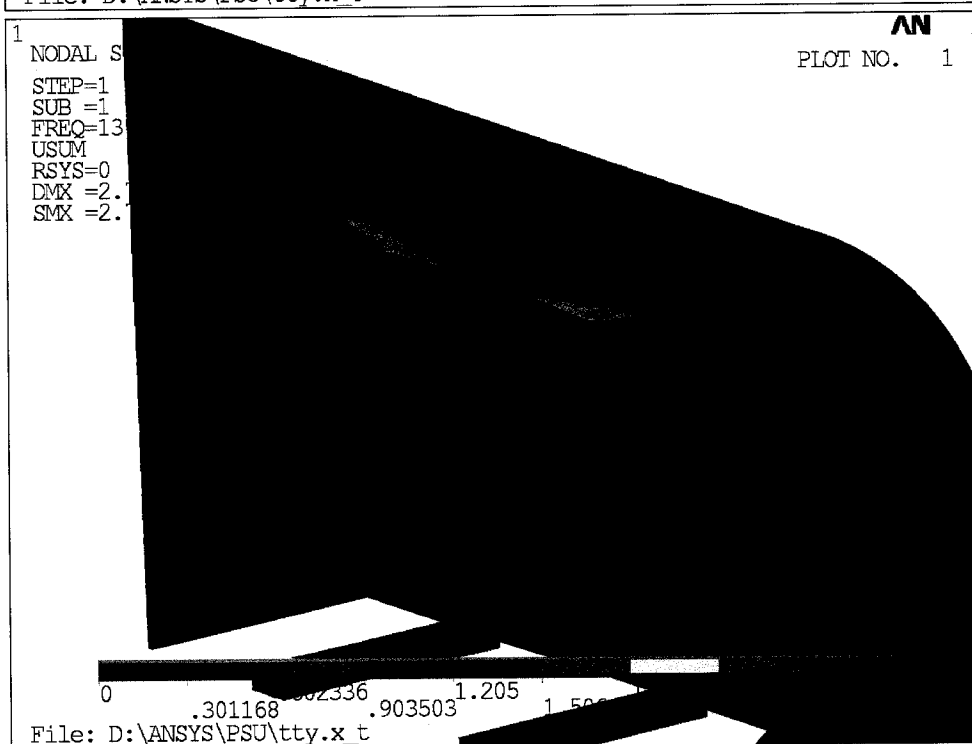
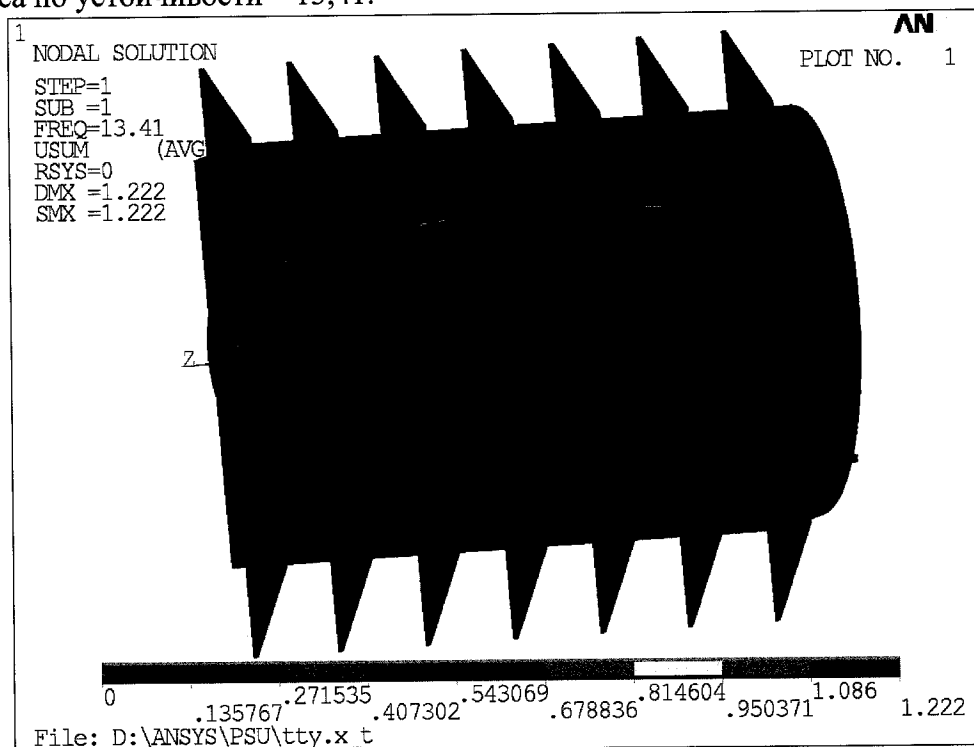


Рисунок А.10 - Первая форма потери устойчивости

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

04/01-10-РПЗ.3.

Лист

14

Из расчета следует, что наименьший расчетный коэффициент запаса устойчивости соответствует балке крепления дроссельных секций четвертой ступени.

Расчет допустимого коэффициента запаса устойчивости для балки крепления дроссельных секций проводим по СНиП II-23-81 [6].

Расчет на определение гибкости профиля проведен по рекомендациям, приведенным в главе 18 [4].

Исходные данные:

$L = 2500$ мм, фактическая длина (высота) профиля;

$\nu = 1$ коэффициент приведения длины.

Параметры профиля показаны на рисунке А.11

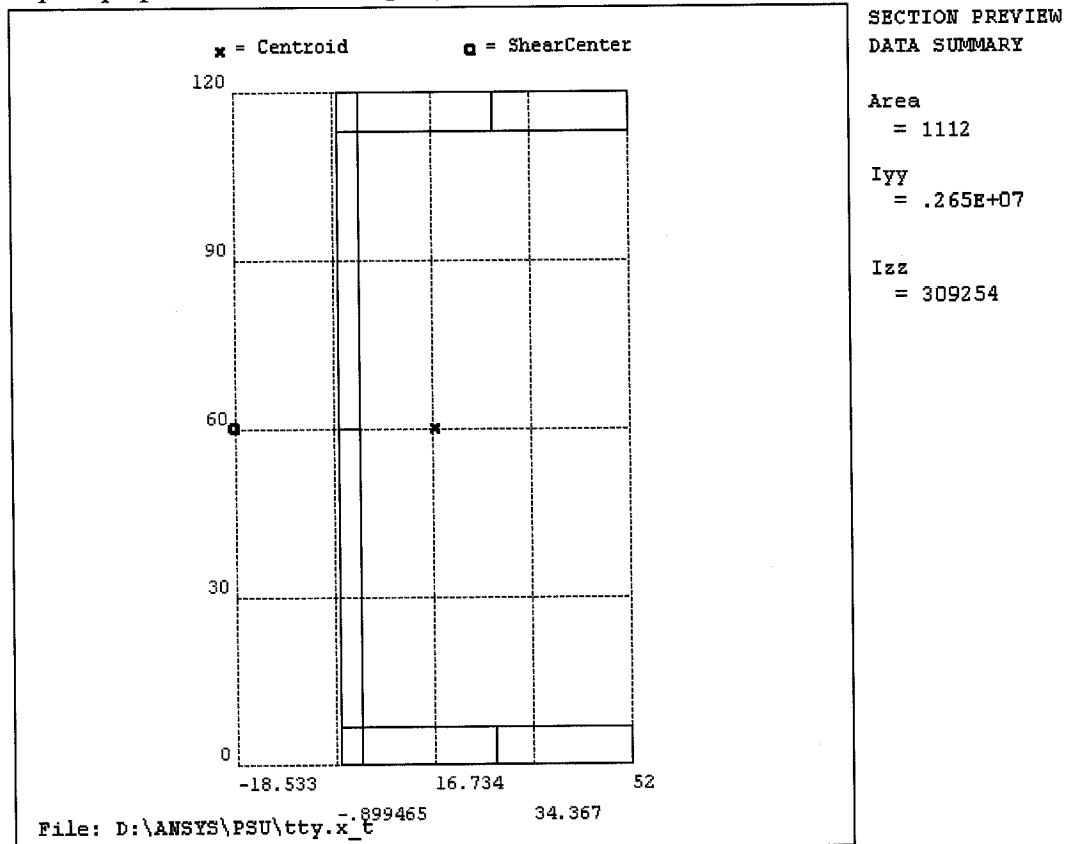


Рисунок А.11 - Параметры профиля

Профиль балки заложен с учетом суммарной прибавки, рекомендуемой таблицей 4.1. ПНАЭ Г-7-002-86 [1].

Определяем гибкость профиля λ в соответствии с формулой 18.28 [4]:

$$\lambda = \frac{\nu \cdot l}{i_{\min}},$$

где i_{\min} - наименьший главный радиус инерции площади сечения профиля:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_x}{F}},$$

где F - площадь поперечного сечения опорного профиля, $F = 1112$ мм²;

I_x - осевой момент инерции (принимается наименьшее значение) - $I_x = 309254$ мм⁴.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

04/01-10-РПЗ.3.

Лист

15

Таким образом, получаем:

$$i_{min} = 16,677 \text{ мм};$$

$$\lambda = 149,9.$$

Далее проводим расчет допустимого коэффициента запаса устойчивости.

Определяем условную гибкость по [4]:

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y / E},$$

где, $R_y = R_{yn} / \gamma_m$

$R_{yn} = 235 \text{ МПа}$ - предел - текучести материала:

$\gamma_m = 1,1$ - коэффициент надежности по материалу:

$E = 196000 \text{ МПа}$ - модуль упругости.

Таким образом, получаем:

$$\bar{\lambda} = 4,89$$

Условие устойчивости для балок, работающих на сжатие, по п. 5.3. [4]:

$$\frac{N}{\varphi A} \leq R_y \gamma_c \text{ или } \frac{N \cdot \frac{1}{\varphi \cdot \gamma_c}}{A} \leq R_y$$

Коэффициент запаса устойчивости:

$$K_{уст} = \frac{1}{\varphi \cdot \gamma_c}, \text{ где}$$

$$\varphi = \frac{332}{\bar{\lambda}^2 (51 - \bar{\lambda})} = 0,301 \text{ - коэффициент продольного изгиба центрально-сжатых элементов;}$$

$\gamma_c = 0,95$ – по таблице 6 СНиП II-23-81 [6].

Нормативное значение коэффициента запаса устойчивости:

$$1/0,301 \cdot 0,95 = 3,53$$

Условие устойчивости:

$$13,41 > 3,53$$

выполняется

Вывод: условие работоспособности ПСУ по коэффициенту запаса устойчивости выполняется.

Име. № подл.	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. име. №	04/01-10-РПЗ.3.					Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

А5 Расчет на прочность к сейсмической нагрузке

Расчет на землетрясение ПЗ при НУЭ.

Проведен расчет первых 12 собственных частот (modal analysis, block Lanczos) с учетом напряженного состояния от статической нагрузки.

№	f, Гц
1.	1.5997
2.	2.4884
3.	2.5156
4.	2.8609
5.	3.4616
6.	3.6631
7.	3.7533
8.	4.0624
9.	4.4201
10.	5.1781
11.	5.3178
12.	5.3518

Вид перемещений конструкции для 1-й, 4-й, 6-й и 12-й собственных частот приведен на рисунках А.12÷А.15.

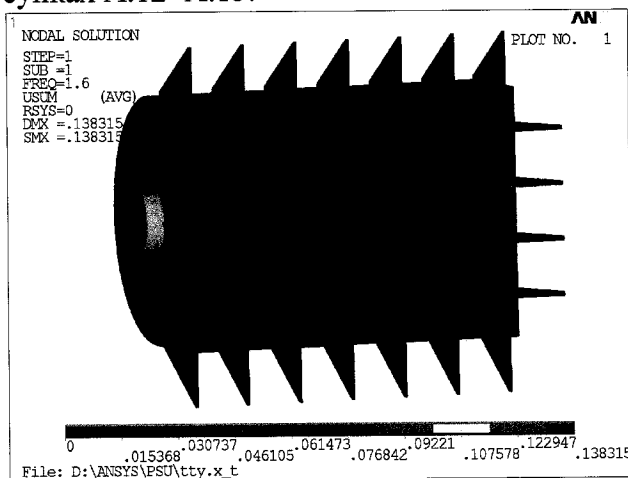


Рисунок А.12

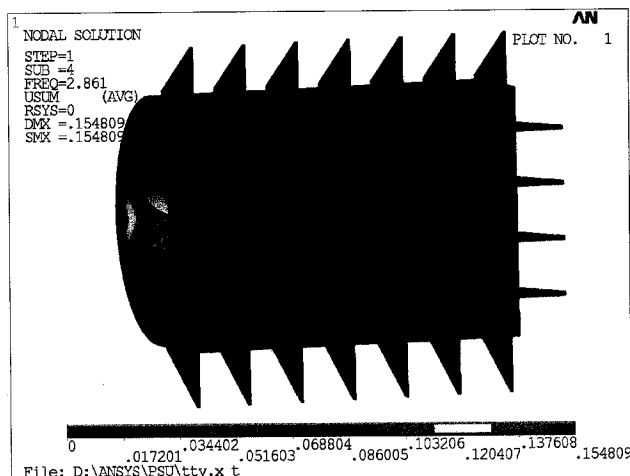


Рисунок А.13

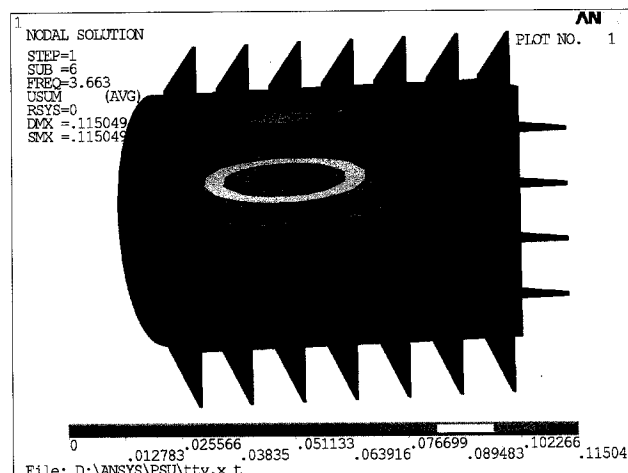


Рисунок А.14

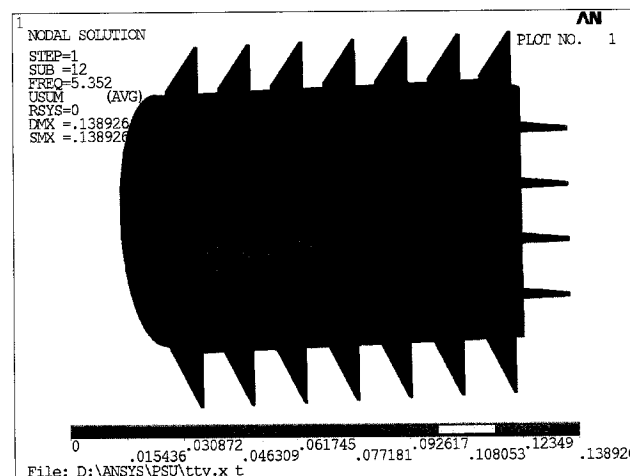


Рисунок А.15

Инв. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

04/01-10-РПЗ.3.

Лист

17

Выполнен расчет круговых частот одномассовой модели по трем координатам. Для расчета сейсмических ускорений центра масс модели относительно основания использована формула 4.12 [3]. Комбинирование составляющих в соответствии с п. 2.5.4 [1] и в соответствии с [5]. На рисунке А.16 приведен вид напряженно деформированного состояния модели от сейсмической нагрузки.

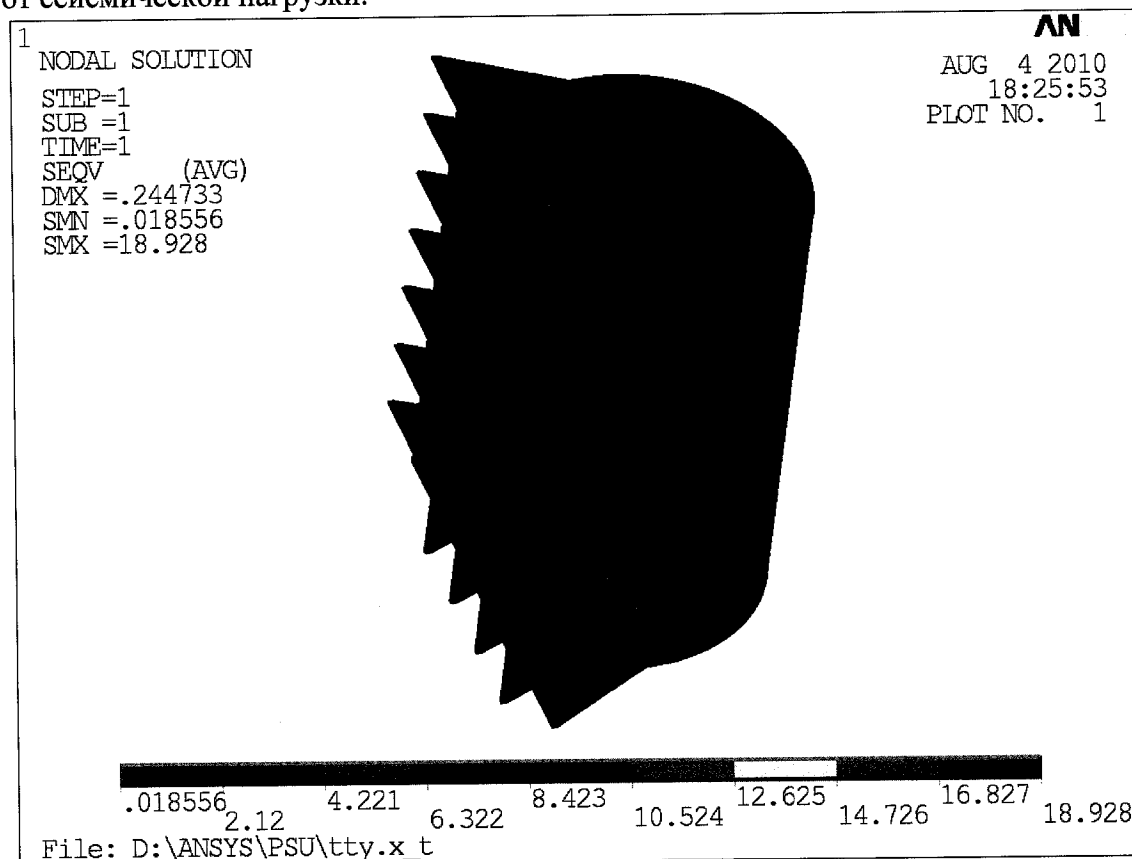


Рисунок А.16 – Напряженно-деформированное состояние от сейсмической нагрузки

Расчет напряжений в режиме НУЭ+ПЗ.

Местные напряжения определяем в зоне 5 (см. рисунок. А.3).

Расчет допустимых напряжений для материала ВСт.3сп.4 в режиме НУЭ+ПЗ

$$[\sigma_s]_1 = 1,5 \cdot \eta \cdot \min \{ R_e / 1.5; R_m / 2.6 \} = 1,5 \cdot 136,5 = 204,7 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_s]_2 = 1,9 \cdot \eta \cdot \min \{ R_e / 1.5; R_m / 2.6 \} = 1,9 \cdot 136,5 = 259,3 \text{ МПа}$$

Сводная таблица расчета по зонам

№ зоны	Расчетные напряжения, МПа		Выполнение условия
	$(\sigma_s)_1$	$(\sigma_s)_2$	
5	35,1	110,3	да

Вывод: расчетные напряжения меньше допустимых – условия прочности при сейсмических воздействиях выполняются.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

04/01-10-РПЗ.3.

Лист

18

А6 Расчет на циклическую прочность

Эффективный коэффициент концентрации напряжений определяем по рекомендациям, приведенным в гл.20 [4]. Коэффициент вычисляем для зоны примыкания опорного ребра к днищу. Используем приложение 2 [4], расчетную схему ступенчатой полосы $K\sigma = 1,8$. Тогда амплитуду напряжений соответствующего цикла в зоне концентрации находим как $K\sigma \cdot \sigma_{\text{экв}}$.

Наименование цикла	σ_F , МПа	σ_{aF} , МПа	Кол-во циклов
Пуск/останов	173,8	173,8	100
ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ	34	173,8	50

А6.1 Пуск/останов

Расчет выполнен в соответствии с п. 5.6 ПНАЭ Г-7-002-86 [1].

Исходные данные:

$R_m = 355$ МПа временное сопротивление материала;

$R_{p02} = 235$ МПа предел текучести материала;

$Z = 49\%$ относительное сужение образца;

$\sigma_F = 173,8$ МПа максимальное приведенное условное упругое напряжение цикла с учетом коэффициента концентрации (по рисунку напряженно-деформированного состояния);

$\sigma_{aF} = 173,8$ МПа амплитуда циклического напряжения;

$E = 196000$ МПа модуль упругости материала;

$N_o = 100$ наработанное количество циклов, принято исходя из годовой наработки, количества лет в эксплуатации и прогноза на продляемый срок эксплуатации.

Проверка условий применимости формул:

$$0,7 \geq \frac{R_{p02}}{R_m} = 0,66 \text{ условие применимости выполняется;}$$

$$10^{12} \geq N_o = 100 \text{ условие применимости выполняется.}$$

Расчет:

Коэффициент асимметрии цикла:

$$r = \frac{\sigma_F - 2\sigma_{aF}}{\sigma_F} = -1$$

Характеристика прочности R_c :

$$R_c = R_m (1 + 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot Z)$$

$$R_c = 598,5 \text{ МПа}$$

Характеристика пластичности e_c :

$$e_c = 1,15 Lg \frac{100}{100 - Z} = 0,336$$

Име. № подл.	Подп. и дата
	Име. № дубл.
	Взам. име. №
	Подп. и дата
	Име. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

04/01-10-РПЗ.3.

Характеристики материала m , m_e и R_{-1} определяются по таблице 5.7 ПНАЭ Г-7-002-86 [1]:
 $m = 0,5$;
 $R_{-1} = 0,4R_m = 142 \text{ МПа}$

$$m_e = 0,1321 \cdot \lg\left(\frac{R_m}{R_{-1}} \cdot (1 + 1,4 \cdot 10^{-2} Z)\right) = 0,083$$

Коэффициенты запаса прочности:

$n_{\sigma} = 2$ по напряжениям;

$n_N = 10$ по числу циклов;

Допустимая амплитуда условного упругого напряжения (с учетом коэффициента ослабления для сварного шва):

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{n_{\sigma} (4No)^m} + \frac{Rc}{n_{\sigma} \left[(4No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r} \right]} = 1418,4 \text{ МПа};$$

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{(4n_N No)^m} + \frac{Rc}{(4n_N No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r}} = 1083,5 \text{ МПа}.$$

Проверка условия:

$$\min(\sigma'_{aF}) > \sigma_{aF}$$

$$1083,5 \text{ МПа} > 173,8 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Максимальное допустимое количество циклов с указанными параметрами: 39300.

Накопленное усталостное повреждение в режиме НУЭ от числа циклов, соответствующего сроку службы ПСУ 60 лет:

$$a_{\text{нуэ}} = 100/39300 = 0,002544$$

А6.2 ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ

Исходные данные:

$R_m = 355 \text{ МПа}$ временное сопротивление материала;

$R_{p02} = 235 \text{ МПа}$ предел текучести материала;

$Z = 49\%$ относительное сужение образца;

$\sigma_F = 173,8 \text{ МПа}$ максимальное приведенное условное упругое напряжение цикла с учетом коэффициента концентрации (по рисунку напряженно-деформированного состояния);

$\sigma_{aF} = 34 \text{ МПа}$ амплитуда циклического напряжения;

$E = 196000 \text{ МПа}$ модуль упругости материала;

$No = 50$ количество циклов в соответствии с п. 5.11.2.14. ПНАЭ Г-7-002-86 [1].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	04/01-10-РПЗ.3.
					20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Проверка условий применимости формул:

$$0,7 \geq \frac{R_{p02}}{R_m} = 0,66 \text{ условие применимости выполняется;}$$

$$10^{12} \geq N_o = 50 \text{ условие применимости выполняется.}$$

Расчет:

Коэффициент асимметрии цикла:

$$r = \frac{\sigma_F - 2\sigma_{aF}}{\sigma_F} = 0,6087$$

Характеристика прочности Rc:

$$Rc = Rm (1 + 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot Z)$$

$$Rc = 598,5 \text{ МПа}$$

Характеристика пластичности e_c :

$$e_c = 1,15 \lg \frac{100}{100 - Z} = 0,336$$

Характеристики материала m , m_e и R_{-1} определяются по таблице 5.7 ПНАЭ Г-7-002-86 [1]:

$$m = 0,5;$$

$$R_{-1} = 0,4Rm = 142 \text{ МПа}$$

$$m_e = 0,1321 \cdot \lg \left(\frac{Rm}{R_{-1}} \cdot (1 + 1,4 \cdot 10^{-2} Z) \right) = 0,083$$

Коэффициенты запаса прочности:

$$n_{\sigma} = 2 \text{ по напряжениям;}$$

$$n_N = 10 \text{ по числу циклов.}$$

Допустимая амплитуда условного упругого напряжения (с учетом коэффициента ослабления для сварного шва):

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{n_{\sigma} (4No)^m} + \frac{Rc}{n_{\sigma} \left[(4No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r} \right]} = 1800,7 \text{ МПа;}$$

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{(4n_N No)^m} + \frac{Rc}{(4n_N No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r}} = 1205,4 \text{ МПа.}$$

Проверка условия:

$$\min(\sigma'_{aF}) > \sigma_{aF}$$

$$1205,4 \text{ МПа} > 34 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Максимальное допустимое количество циклов с указанными параметрами не рассчитывалось, т.к. амплитуда циклического напряжения намного меньше предела усталости и коэффициент повреждаемости по данному виду нагружения близок к нулю.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	04/01-10-РПЗ.3.	Лист
						21

Суммарное накопленное усталостное повреждение (с учетом срока продления на 30 лет):

$$a = \sum_i \frac{N_{0i}}{[N_0]_i} = 0,002544,$$

где N_{0i} – общее число циклов нагружения от режима i за весь срок службы;

$[N_0]_i$ – допускаемое число циклов нагружения от режима i .

Проверка условия:

$$a \leq [a_N]$$

$$0,002544 < 1$$

Условие прочности выполняется.

Вывод: условия циклической прочности ПСУ выполняются при заданных условиях циклического нагружения, соответствующих общему сроку эксплуатации ПСУ в течение 60 лет.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	04/01-10-РПЗ.3.					Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

А7 Лист регистрации изменений

[illegible]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

04/01-10-РПЗ.3.

Лист

23

Список использованных источников

1. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
2. РД ЭО 0330-01 Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации.
3. Сейсмостойкость атомных электростанций. Кирилов А.П. – М.: Энергоатомиздат, 1985г. –184с.
4. Справочник по сопротивлению материалов/ Писаренко Г.С., - 2-е изд., - Киев. 1988г. – 736с.
5. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах.
6. СНиП II-23-81. Строительные нормы и правила. Стальные конструкции.

Изнв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<div>04/01-10-РПЗ.3.</div>	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»
«Балаковская атомная станция»
ОДМиТК
Энергоблок № 1, ТО

ПРОТОКОЛ

от 27.01.2010г. №ОДМиТК 1-14/253
визуального и измерительного контроля.
Паросбрасывающие устройства
конденсаторов турбин.

1.ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ: Паросбрасывающие устройства конденсаторов турбин (ПСУ), 3Н, черт. Б-802348, 1RC11B05, B06, 1RC12B05, B06, материал сталь ВстЗсп4, завод-изготовитель ХТГЗ.

2.ЦЕЛЬ КОНТРОЛЯ: Оценка состояния металла согласно п. 18.1. «Рабочей программы...» РП.ОДМ-08/1-2010.

3.МЕТОДЫ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЯ: Визуальный и измерительный контроль согласно ПНАЭГ-7-016-89, ПК 1514-72, КТД 07-93, тех. карты № 1-4/ТЦ-808.

Дата проведения контроля 22.01.2010г. с 09-00 до 12-00 часов.

Освещенность в зоне контроля в соответствии с ПНАЭГ-7-016-89.

Измерительный инструмент: ШЦ-1-125-0,1, зав. №337713.

3.1. Основной металл обечайки и доньшек S=12 (в доступных местах) в объеме 100%.

3.2. Основной металл дросселирующих элементов S=12 в объеме 100%.

3.3. Сварные соединения доньшек с обечайками и ПСУ с панелью переходного патрубка конденсатора S=12/S=12 №№ 1, 2, 3, 1а, 2а в объеме 100%.

3.4. Сварные соединения дросселирующих элементов с доньшками и распорками, продольные сварные дросселирующих обечаек S=12 №№4, 5, 6, 7 в объеме 100%.

4.РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ: При визуальном и измерительном контроле по п. 3.1÷3.4. настоящего протокола дефектов не выявлено. Геометрические размеры сварных соединений соответствуют требованиям чертежа.

5.ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Визуальный и измерительный контроль выполнен в объеме п. 18.1. «Рабочей программы...» РП.ОДМ-08/1-2010, дефектов не обнаружено.

И.о. начальника ОДМиТК

Инженер ОДМиТК

Инженер ОДМиТК



Н.А. Кожевников

А.С. Евташов

В.В. Булычев

**АКТ № ИМС-008/ТЦ-1/21-09 от 30.06.2010 г.
об измерении механических свойств**

Объект контроля, зона контроля: приемно-сбросное устройство 1RC11S05, СС корпуса

№ п.п. «Рабочей программы контроля металла тепломеханического оборудования ТЦ-1 энергоблока №1 Балаковской АЭС в период ППР-2010 с целью оценки технического состояния и остаточного ресурса»: 6.8.2

Инструкция по проведению контроля: РД ЭО 0027-05

Документ, по которому производится оценка качества: ПНАЭ Г-7-002-86, ПНАЭ Г-7-010-89

Приборные средства: твердомер ТЕСТ-МИНИ-(УТ), сертификат о калибровке № 3/360-01-10 от 20.01.2010 г.

Результаты контроля

Зона контроля включает следующие элементы: - Обечайка, материал ВстЗсп4, ГОСТ 10706-76; - Сварной шов, УОНИИ 13/55, ГОСТ 9087-81; - Обечайка, материал ВстЗсп4, ГОСТ 10706-76; Траб=197 °С.									
Контролируемый элемент	Источник данных		20 °С					200 °С	
			НВ	R _m , МПа	R _{0.2} , МПа	A ₅ , %	Z, %	R _m , МПа	R _{0.2} , МПа
Обечайка	Нормат. требования ПН АЭ Г-7-002-86		-	373	245	26	50	343	235
	Нормат. требования ГОСТ 10706-76		-	372	245	23	-	-	-
	Данные измерений	ОМ 1	131±15	466±47	284±43	25±5	69±21	428	273
		ОШЗ 1	138±15	488±49	304±46	24±5	68±20	449	291
Сварной шов	Нормат. требования ПНАЭ Г-7-010-89		-	431	255	20	50	-	-
	Данные измерений	СШ	171±27	584±88	409±82	19±4	64±19	-	-
Обечайка	Нормат. требования ПН АЭ Г-7-002-86		-	373	245	26	50	343	235
	Нормат. требования ГОСТ 10706-76		-	372	245	23	-	-	-
	Данные измерений	ОМ 2	128±11	459±46	277±41	25±5	69±21	422	265
		ОШЗ 2	139±18	491±49	306±46	24±5	68±20	451	294
Схема расположения элементов в зоне контроля									
<div><div>ОМ 1</div><div></div><div>СШ</div><div>ОМ 2</div></div>									
Заключение: Механические свойства сварного соединения соответствуют требованиям нормативной документации с учетом погрешности по РД									

Контроль выполнил: старший научный сотрудник ООО НСУЦ «ЦМиР»

должность

Фролов И.В.

Фамилия и инициалы

подпись

Руководитель работ: руководитель группы ООО НСУЦ «ЦМиР»

должность

Левчук В.И.

Фамилия и инициалы

подпись

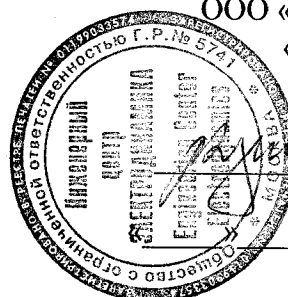
Отчет о научно-исследовательской работе.

Расчет на прочность приемно-сбросного устройства 1RC11S03(04-08),
1RC12S03(04-08) (черт. Б-802348) в рамках работ по продлению срока службы
энергоблока №1 Балаковской АЭС (заключительный) № 04/01-10-Р.З., 2010 г.

ООО «Инженерный центр «Электродинамика»

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «Инженерный центр
«Электродинамика»



В.К. Дзугаев

2010 г.

УДК -
№ госрегистрации -
Инв.№

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИЕМНО-СБРОСНОГО УСТРОЙСТВА 1RC11S03(04-08),
1RC12S03(04-08) (ЧЕРТ. Б-802348) В РАМКАХ РАБОТ ПО ПРОДЛЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ
ЭНЕРГОБЛОКА №1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС

(заключительный)

№ 04/01-10-Р.3.

Специалист по прочности
оборудования АЭС
канд. техн. наук


подпись, дата

С. Г. Фиш

Реферат

Отчет 36 с., 17 рис., 7 источников, 1 прил.

ПРИЕМНО-СБРОСНОЕ УСТРОЙСТВО, СТАТИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ, ЦИКЛИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ, ПРОЧНОСТЬ К СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ, ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ

Объектом исследования являются приёмно-сбросные устройства (ПСУ) конденсаторов (черт. Б-802348, технологические позиции 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08), находящиеся в эксплуатации в цехе ТЦ-1 Балаковской АЭС. Приёмно-сбросное устройство дроссельного типа предназначено для снижения параметров пара, поступающего в конденсатор от БРУ-К.

Цель работы – расчет на прочность в соответствии с РД ЭО 0330-01, ПНАЭ Г-7-002-86, НП-031-01 и СНиП II-23-81 с целью расчетного обоснования возможности эксплуатации приёмно-сбросных устройств 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 ТЦ-1 энергоблока № 1 Балаковской АЭС за пределами назначенного 30-летнего срока службы энергоблока, исходя из планируемого срока продления эксплуатации на 30 лет (до 2045 г.).

Расчеты выполнялись методом конечных элементов на аттестованной и лицензионной программе ANSYS и по методикам, изложенным в РД ЭО 0330-01, ПНАЭ Г-7-002-86, НП-031-01, СНиП II-23-81 а также с учетом с положений РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009.

По результатам работ установлено, что устойчивость, статическая, циклическая прочность и прочность к сейсмической нагрузке ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 для предполагаемого срока продления 30 лет обеспечены.

Содержание

Нормативные ссылки.....	4
Определения.....	4
Обозначения и сокращения.....	5
1. Введение.....	7
2. Описание работы.....	7
3. Выводы.....	12
Приложение А. Расчетно-пояснительная записка № 04/01-10-РПЗ.3.	

Нормативные ссылки

В настоящем отчете о НИР использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
2. РД ЭО 0330-01. Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации.
3. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах.
4. НП-031-01. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций.
5. СТО 1.1.1.01.007.0281-2010. Управление ресурсными характеристиками элементов энергоблоков атомных станций.
6. РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009. Оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и насосов энергоблоков атомных станций. Методика.
7. СНиП II-23-81. Строительные нормы и правила. Стальные конструкции.

Определения

Термины и их определения, применяемые в настоящем отчете, соответствуют СТО 1.1.1.01.007.0281-2010.

Обозначения и сокращения

ТЦ	турбинный цех
АЭС	атомная электростанция
ВВЭР	водо-водяной энергетический реактор
ПКД	проектно-конструкторская документация
РД	руководящий документ
ППР	планово-предупредительный ремонт
черт	чертеж (чертежи)
НУЭ	нормальные условия эксплуатации
ПЗ	проектное землетрясение
ПГС	паро-газовая смесь
ПСУ	приемно-сбросное устройство
Кг	килограмм
См	сантиметр
(М)Па	(мега) паскаль
Н	ньютон
М	метр
Об	оборот
Мин	минута
Сек	секунда
Рад	радиан
Гц	герц
μ	коэффициент Пуассона
α	коэффициент температурного расширения
Е	модуль упругости
Rm	предел прочности (временное сопротивление) материала
Re (Rp0,2)	предел текучести материала
ρ	плотность

P	давление
S	толщина стенки
σ	напряжение
T	температура
D(d)	диаметр
M	масса
P	сила
Z	относительное сужение образца
N	количество циклов
R	коэффициент асимметрии цикла
R-1,	предел усталости
N	коэффициенты запаса прочности
a	коэффициент повреждаемости (накопленная циклическая повреждаемость)
$\lambda, \bar{\lambda}$	гибкость балки, приведенная гибкость балки
φ	коэффициент продольного изгиба центрально-сжатых элементов
i_{min}	наименьший главный радиус инерции площади сечения профиля
Куст	коэффициент запаса устойчивости

Размерности обозначений физических величин приведены в тексте расчета.

Обозначения, относящиеся к непосредственным геометрическим характеристикам изделия, приведены в тексте расчета.

1. Введение

1.1. Настоящий расчет выполнен в рамках реализации работ по договору № 04/01-10 от 19.02.2010 г. «Проведение расчетного обоснования прочности тепломеханического оборудования энергоблока №1 Балаковской АЭС за пределами 30 лет службы», заключенному между ООО «НСУЦ «ЦМиР» и ООО «Инженерный центр «Электродинамика».

1.2. ООО «Инженерный центр «Электродинамика» является официальным представителем ОАО «Турбоатом» (ХТГЗ им. Кирова) в России и имеет возможность поиска (восстановления) ПКД на оборудование, спроектированное ХТГЗ им. Кирова, для которого ПКД на Балаковской АЭС имеется не в полном объеме или отсутствует. С учетом сказанного, расчет на прочность ПСУ выполнен с использованием чертежей, полученных непосредственно с завода-изготовителя.

1.3. ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 являются идентичными как по конструкции, так и по параметрам нагружения (давление, температура). Анализ фактического числа эксплуатационных циклов нагружения и параметров нагружения, соответствующих рассматриваемым циклам, показывает, что ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 эксплуатировались в одинаковых условиях. Учитывая, что ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08 представляют собой группу однотипного оборудования, в данном отчете представлен расчет на прочность ПСУ без привязки к конкретной технологической позиции, при этом результаты выполненного расчета распространяются на ПСУ 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08.

1.4. Задачей настоящего поверочного расчета на прочность ПСУ (черт. Б-802348), находящегося в эксплуатации в цехе ТЦ-1 энергоблока № 1 Балаковской АЭС является проверка условий устойчивости, статической, циклической (с учетом повреждаемости от всех эксплуатационных нагрузок) и сейсмической прочности при работе на проектных параметрах в течение продлеваемого срока службы 30 лет.

2. Описание работы

2.1. Расчет выполнен в соответствии с ПНАЭ Г-7-002-86, РД ЭО 0330-01, НП-031-01, СНиП II-23-81 и включает следующие разделы:

- расчет на статическую прочность в стационарном режиме;
- расчет на устойчивость;
- расчет на сейсмическую прочность (НУЭ+ПЗ);
- расчет на циклическую прочность, включая расчет накопленного усталостного повреждения.

2.2. В соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-002-86 не проводились расчеты:

- на длительную циклическую прочность, так как рабочая температура ниже температуры начала ползучести (п. 5.7);
- на хрупкую прочность, так как рассчитываемое ПСУ не находится под воздействием нейтронного облучения интенсивностью более 10^{22} нейтр./м² при $E \geq 0,5$ МэВ (п. 5.8.1.9) и толщина стенки основных элементов не превышает установленную (п. 5.8.1.9) величину;
- на длительную статическую прочность, так как рабочая температура ниже температуры начала ползучести (п. 5.9.1);
- на прогрессирующее формоизменение в связи с отсутствием остаточных деформаций в корпусных элементах ПСУ (п. 5.10.1);
- на вибропрочность, поскольку действующие вибрационные нагрузки на ПСУ незначительны;
- внутренних дросселирующих устройств т.к. на них не распространяются требования ПНАЭ Г-7-008-89 (см. п. 1.1.2) и соответственно не распространяются нормы расчета ПНАЭ Г-7-002-86 (в расчет заложены балки крепления дроссельных секций и соответственно учтены все нагрузки передаваемые секциями и балками на внешний корпус);
- для режимов срабатывания АЗ, изменения мощности реактора, аварийной ситуации, так как данные режимы не заложены в технической и эксплуатационной документации на изделие и имевшие место нарушения в работе энергоблока в целом (с момента пуска до настоящего времени) не могли оказать влияния на прочность ПСУ.

2.3. Определение механических характеристик материалов.

Материал обечаек и днищ (донышек) – сталь ВСт.3сп.4 по ГОСТ 10706. Распорки корпуса и балки крепления секций – сталь 09Г2С по ГОСТ 19281.

Расчетная температура 90°C.

Механические характеристики материалов ПСУ, использованные при расчетном обосновании, приведены в таблице 1 и взяты из таблиц П1.1, П1.2, П1.3 ПНАЭ Г-7-002-86. Определение механических свойств металла элементов ПСУ при расчетной температуре выполнено методом линейной интерполяции между значениями свойств, указанных в таблицах П1.1, П1.2, П1.3 для соседних с расчетной температурой значений температур (при ближайшей меньшей и ближайшей большей температуре). Механические свойства металла обечаек и днищ ПСУ, изготовленных из стали ВСт.3сп.4, приняты равными механическим свойствам стали-аналога ст.3сп.5, приведенным в ПНАЭ Г-7-002-86.

Таблица 1 - Механические характеристики материалов ПСУ, использованные при расчетном обосновании

Характеристики материала	Марка стали (сортамент), элементы ПСУ	
	ВСт.3сп.4 (горячекатаная сортовая листовая сталь толщиной до 20 мм), обечайки, днища	09Г2С (прокат толщиной от 4 до 160 мм), распорки, балки
Rm, МПа	355	432
Re (Rp0,2), МПа	235	235
μ	0,3	
E, МПа	196000	206000
Z, %	49	42
ρ , кг/м ³	7800	

Расчет допускаемых напряжений приведен в расчетно-пояснительной записке.

2.4. Прогнозирование режимов работы ПСУ на 60 лет эксплуатации.

Для обоснования остаточного ресурса ПСУ необходимо проверить выполнение условия циклической прочности на предполагаемый период эксплуатации по формуле:

$$\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{[N_0]_i} = a \leq [a_N] \quad (1), \text{ где}$$

a – накопленное усталостное повреждение, предельное значение которого составляет: $[a_N] = 1$;

N_i – общее число циклов нагружения от режима i за весь срок службы;

$[N_0]_i$ – допускаемое число циклов нагружения от режима i .

Ниже в соответствии с п. 5.4.2 РД ЭО 1.1.2.09.0774-2009 установлена предполагаемая модель ежегодных эксплуатационных нагрузок на ПСУ в течение планируемого дополнительного срока службы (до 2045 г.), которая соответствует усредненному спектру ежегодных нагрузок на ПСУ за предыдущие 10 лет эксплуатации энергоблока № 1 Балаковской АЭС.

Прогнозируемое общее число циклов за 60 лет эксплуатации N_i (с 1985 г. по 2045 г.) от режима i рассчитывается следующим образом:

$$N_i = N_{i24} + k \cdot N_{i10} + N_{idon} \quad (2), \text{ где}$$

N_{i24} – фактическое число наработанных циклов от режима i за 24 года (период 1985÷2009 гг.);

N_{i10} – фактическое число наработанных циклов от режима i за 10 лет (период 1999÷2009 гг.);

$$k = \frac{2045 - 2009}{2009 - 1999} = 3,6 \text{ – коэффициент пропорциональности}$$

N_{idon} – дополнительное число циклов от режима i , закладываемое в обеспечение консерватизма расчетного обоснования, т.е. в запас прочности, учитывающее возможные внеплановые остановки.

Прогнозируемое общее число циклов за 60 лет эксплуатации N_I (с 1985 г. по 2045 г.) от режима пуск/останов составляет (см. формулу 2):

$$N_I = 30 + 3,6 \cdot 10 + 34 = 100$$

Примечание: в расчет циклической прочности ПСУ заложено дополнительное число циклов в режиме пуск/останов $N_{idon} = 34$.

Учитывая вышесказанное, в таблице 2 приведены расчетные параметры ПСУ с учетом предполагаемого срока продления службы до 60 лет.

Таблица 2 – Расчетные параметры ПСУ

Трасч	90 °С
Ррасч (на входе I ступени)	2,22 ата
Ррасч (на входе II ступени)	1,221 ата
Ррасч (на входе III ступени)	0,67 ата
Ррасч (на входе IV ступени)	0,37 ата
Ррасч (на выходе ПСУ)	0,2 ата
Количество циклов пуска	100
Количество циклов ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ	50

Примечание: количество расчетных циклов ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ заложено в соответствии с п.п. 5.11.2.14 ПНАЭ Г-7-002-86.

2.5. Расчетные схемы.

На рисунке 1 приведена расчетная модель ПСУ

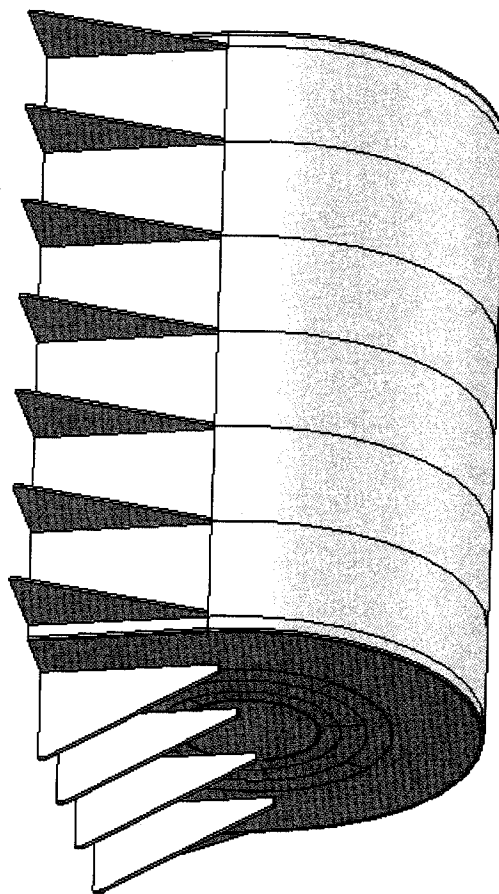


Рисунок 1 – Модель ПСУ

Учитывая сложность оболочки и схем нагружения, расчет был выполнен методом конечных элементов (МКЭ) в программе ANSYS (аттестат ГАН №145 от 31.10.2002 г.).

2.6. Расчёт оформлен в виде пояснительной записки и приведен в приложении А. Данные о номинальных геометрических размерах изделия приняты по чертежам Б-802348, М-847027, М-847023, М-847024.

При построении конечноэлементной расчетной модели толщина стенки обечайки, днищ (донышек) принята из результатов УЗТ с учетом суммарной прибавки, толщина стенки остальных элементов ПСУ (распорные балки, балки крепления секций, крайние трубы секций, крепежные ребра корпуса) принята согласно ПКД.

3. Выводы

Прочностной расчет приёмно-сбросного устройства (черт. Б-802348, технологические позиции 1RC11S03÷1RC11S08, 1RC12S03÷1RC12S08) ТЦ-1 энергоблока № 1 Балаковской АЭС выполнен в полном соответствии с требованиями ПНАЭ Г-7-002-86, РД ЭО 0330-01, НП-031-01, СНиП II-23-81 на расчетные параметры, указанные в таблице 2.

По результатам расчета на прочность установлено, что условия прочности выполняются для всех элементов ПСУ при заданных условиях нагружения. Расчет ПСУ на циклическую прочность позволяет сделать вывод о возможности продления срока его службы до 60 лет.