



**ПРЕДПРИЯТИЕ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ «РЕСУРС»**

394052, г. Воронеж, ул. Матросова, 127, тел./факс: (4732) 71-37-71, 51-93-30  
http://www.resurs-91.ru, e-mail: mail@resurs.vrn.ru

Лицензия Ростехнадзора России №ДО-03-101-1239. Срок действия лицензии – по 30.05.2012 г.

**СОГЛАСОВАНО**

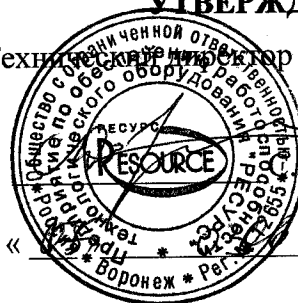
Главный инженер Балаковской АЭС

 Бессонов В.Н.

« 02 » 06 2010 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Технический директор ООО «Ресурс»



С.Н. Доронкин

« 02 » 06 2010 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ 243/12-09-3.1.**

**О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ И ОСТАТОЧНОМ РЕСУРСЕ  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ  
ПВД-6А, ПВД-7А, ПВД-6Б, ПВД-7Б  
(1RD11W01, 1RD21W01, 1RD12W01, 1RD22W01)  
СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ  
ЭНЕРГООБЛОКА №1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

*приложение к Решению № 03/126-Р от 26.08.10г*

Воронеж 2010 г.

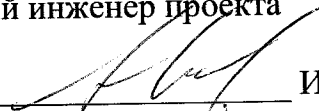
**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ  
ОАО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»**

Заместитель директора  
по проектированию БАЭС, НВАЭС

 Г.И.Кутюрин

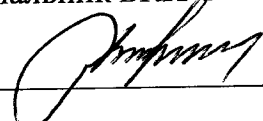
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

Главный инженер проекта

 И.А. Чистозвонов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

Начальник БКП-1

 В.В.Воронцов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.


Начальник БКП-6

 З.С.Казачкова

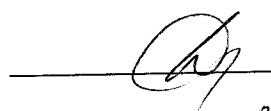
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ БАЛАКОВСКОЙ АЭС


Заместитель главного инженера  
по эксплуатации энергоблоков № 1,2  
Балаковской АЭС

 Ю.М. Марков  
« 02 » 06 2010 г.


Заместитель начальника ТЦ-1  
Балаковской АЭС

 А.В. Дремов  
« 31 » 05 2010 г.


Начальник ОДМ  
Балаковской АЭС

 С.В. Якушев  
« 31 » 05 2010 г.

Заместитель начальника ЦЦР  
Балаковской АЭС

 А.А. Бурлаков  
« 31 » 05 2010 г.

Ведущий инженер-технолог ОМиПРО  
Балаковской АЭС

 Ю.В. Лавриков  
« 12 » 05 2010 г.

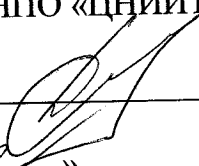
**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ  
ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»**

Заместитель директора ИМиМ  
ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»

  
И.И. Ляшков

« 28 » 05 2010 г.

Заведующий лабораторией  
ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»

  
В.П. Пронин

« 28 » 05 2010 г.



**Перечень сокращений**

АЭС	атомная электростанция
ВВЭР	водо-водяной энергетический реактор
ВК	визуальный контроль
ВО	визуальный осмотр
НО	наружный осмотр
ВИК	визуально-измерительный контроль
ИМС	измерение механических свойств
ВХР	водно-химический режим
НД	нормативный(ые) документ(ы)
ОМ	основной металл
ОШЗ	околошовная зона
ПКД	проектно-конструкторская документация
РД	руководящий документ
СС	сварное(ые) соединение(ния)
СШ	сварной шов
ТО	техническое освидетельствование
ТОиР	техническое обслуживание и ремонт
УЗТ	ультразвуковая толщинометрия
ТЦ	турбинный цех
ТУ	технические условия
ПВД	подогреватель высокого давления
СПП	сепаратор-пароперегреватель
ППР	планово-предупредительный ремонт
ПСТЭ	плоские спиральные трубные элементы

## Содержание

1. Введение	7
2. Основные сведения о подогревателях высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления	7
3. Результаты анализа технической документации	10
4. Результаты контроля состояния металла подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления	18
5. Результаты оценки технического состояния и остаточного ресурса подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления	20
6. Заключение	23

### Приложения:

1. Перечень документов, использованных при разработке Заключения (Приложение 1)	24
2. Комплект документов по обследованию состояния металла ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления энергоблока №1 Балаковской АЭС (Приложение 2)	26

## 1. Введение

1.1. Работы по оценке технического состояния и остаточного ресурса, обоснованию возможности и условий дальнейшей эксплуатации подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления выполнены в рамках подготовки энергоблока №1 Балаковской АЭС к дополнительному сроку эксплуатации за пределами назначенного срока службы и в обеспечение выполнения п. 5.1.14 ПНАЭ Г-01-011-97 (ОПБ-88/97) [1], п. 2.1.11 и НП-017-2000 [3].

1.2. Работы по оценке технического состояния и остаточного ресурса подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б выполнены и настоящее Заключение разработано в соответствии с требованиями следующей документации:

1.2.1. РД-ЭО-0281-01. Положение по управлению ресурсными характеристиками элементов энергоблоков АС [15].

1.2.2. РД ЭО 1.1.2.09.0774-2008. Руководящий документ эксплуатирующей организации. Оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и насосов энергоблоков атомных станций. Методика [16].

1.2.3. СТО 1.1.01.006.0327-2008. Стандарт Организации. Продление срока эксплуатации блока атомной станции [14].

1.2.4. Программы обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления энергоблока №1 Балаковской АЭС, (в дальнейшем «Программа...»), утвержденной Главным инженером Балаковской АЭС [18].

1.3. В соответствии с «Программой...» выполнен комплекс работ, включающий:

- анализ технической документации;
- визуальный контроль;
- ультразвуковую толщинометрию;
- капиллярный контроль;
- измерение твердости металла (с оценкой механических характеристик);
- расчеты на прочность;
- оценку и обоснование остаточного ресурса.

1.4. Термины и их определения, применяемые в настоящем **Заключении** соответствуют РД ЭО-0281-01 [15].

## 2. Основные сведения о подогревателях высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления

Подогреватели высокого давления ПВД6А, ПВД6Б (тип ПВ 2500-97-18А) и ПВД7А, ПВД7Б (тип ПВ 2500-97-28А) предназначены для подогрева питательной воды в системах регенерации высокого давления паротурбинных установок К-1000-60/1500-2 за счет охлаждения и конденсации пара, отбираемого из промежуточных ступеней турбины.

Система предназначена для регенеративного подогрева питательной воды и включает в себя две группы ПВД. В каждой группе имеется два последовательно включенных по питательной воде подогревателя ПВД-6,7.

Конструктивно подогреватель высокого давления представляет собой аппарат сварной конструкции вертикального типа, основными узлами которого, являются корпус и трубная система. В зависимости от состояния греющей среды подогреватели имеют две или три зоны поверхностей нагрева питательной воды: зону охлаждения перегретого пара, зону конденсации пара и зону охладителя конденсата.

На корпусах подогревателей установлено по четыре предохранительных клапана прямого действия.

Источником пароснабжения для ПВД-7 служит 1-ый отбор турбины, для ПВД-6 2-ой отбор. Принят безнасосный слив конденсата греющего пара из ПВД-7 каскадно в ПВД-6, а из ПВД-6 в Д-7. В схеме ПВД предусмотрено использование тепла конденсата 2-ой ступени СПП, который вводится в ПВД-7, и 1-ой ступени, который вводится в ПВД-6. Корпусы ПВД-6,7 защищены от повышения в них давления потоками конденсата более высоких параметров.

Сведения и исходные данные из проектно-конструкторской документации по подогревателям высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления энергоблока №1 Балаковской АЭС приведены в информационной карте 1.

Информационная карта 1

Наименование	Данные о сосудах			
АЭС	Балаковская АЭС			
Номер блока	1			
Система	Система регенерации высокого давления RD			
Цех-владелец	ТЦ-1			
Номер помещения	Блок №1, машинный зал			
Наименование оборудования	Подогреватели высокого давления			
	ПВД-6А	ПВД-6Б	ПВД-7А	ПВД-7Б
Рег.№	294А	295А	296А	297А
Зав.№	45441	45444	45442	45445
Конструкторская организация	ОАО ТКЗ «Красный котельщик»			
Обозначения проекта	08.8111.260СБ		08.8111.264СБ	
Класс безопасности по ПНАЭ Г-01-011-97	ЗН			
Группа оборудования по ПНАЭ Г-7-008-89	С			
Категория сейсмостойкости по НП-031-01	II			
Предприятие-изготовитель	Таганрогский завод «Красный котельщик»			
Документы на изготовление	Разрешение на изготовление №28/Пат от 18.02.1980 г. выдано Управлением Ростовского округа Росгортехнадзора СССР			
Монтажная организация	Трест Волгоэнергомонтаж Приволжское монтажное управление			
Дата окончания монтажа	1984 г.			
Станционное обозначение	RD21W01	RD22W01	RD11W01	RD12W01
Дата ввода в эксплуатацию	25.12.1985 г.			
Марка основного металла	Обечайка, днища эллиптические – 09Г2С-Ш (ТУ14-1-2072-77),			

Наименование	Данные о сосудах
	фланец – Сталь 20 (ГОСТ1050-74), спираль – Сталь 20 (ТУ14-3-460-75), колено – Сталь 20 (ТУ14-3-460-75), стакан – Сталь 16ГС (ГОСТ8479-70), труба – Сталь 20 (ТУ14-3-460-75), донышко - Сталь 20 (ГОСТ1050-74), угольник - Сталь 20 (ГОСТ8479-70).
Материалы для сварки и наплавки	флюс АНЗ48А (ГОСТ9087-69), флюс ФУ11 (ТУ 24-3-451-74), флюс ФУ11 (ТИС202-80), проволока СВ08А (ГОСТ2246-70), проволока СВ12ГС (ГОСТ2246-70), электроды 750АУОНИ 13/55 (ГОСТ9467-75).
Геометрические размеры основных элементов (диаметр, высота или длина, толщина стенки)	<p><b>ПВД6А,6Б:</b></p> обечайка: $\varnothing_{\text{вн}}=3200$ мм, $S=36$ мм, $L=10315$ мм, днище эллиптическое: $\varnothing_{\text{вн}}=3200$ мм, $S=50$ мм, $H=950$ мм, фланец: $\varnothing_{\text{вн}}=3200/3560$ мм, $L=319$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1406$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=382$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=791$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1878$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=6690$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1560$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=179$ мм, $S=20$ мм, $L=1830$ мм, колено: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1472$ мм, колено: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1602$ мм, колено: $\varnothing_{\text{вн}}=115/183$ мм, $S=10/18,5$ мм, $L=230/295$ мм, стакан: $\varnothing_{\text{вн}}=430$ мм, $S=50$ мм, $L=1192$ мм, донышко: $\varnothing_{\text{вн}}=430/532$ мм, $L=90$ мм, донышко: $\varnothing_{\text{вн}}=183/222$ мм, $L=32$ мм, донышко: $\varnothing_{\text{вн}}=268/328$ мм, $L=47$ мм, угольник: $\varnothing_{\text{вн}}=268$ мм, $S=36$ мм, $L=455/440$ мм. <p><b>ПВД7А,7Б:</b></p> обечайка: $\varnothing_{\text{вн}}=3200$ мм, $S=50$ мм, $L=10365$ мм, днище эллиптическое: $\varnothing_{\text{вн}}=3200$ мм, $S=50$ мм, $L=950$ мм, фланец: $\varnothing_{\text{вн}}=3200/3645$ мм, $L=389$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1406$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=382$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=791$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1878$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=6690$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=6686$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1560$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=179$ мм, $S=20$ мм, $L=1830$ мм, труба: $\varnothing_{\text{вн}}=24$ мм, $S=4$ мм, $L=10741$ мм, колено: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1070$ мм, колено: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1602$ мм, колено: $\varnothing_{\text{вн}}=261$ мм, $S=32$ мм, $L=1472$ мм,

Наименование	Данные о сосудах			
	колено: $\varnothing_{\text{вн}}=115/183$ мм, $S=10/18,5$ мм, $L=230/295$ мм, стакан: $\varnothing_{\text{вн}}=430$ мм, $S=50$ мм, $L=1192$ мм, стакан: $\varnothing_{\text{вн}}=430$ мм, $S=50$ мм, $L=1132$ мм, стакан: $\varnothing_{\text{вн}}=430$ мм, $S=50$ мм, $L=592$ мм, донышко: $\varnothing_{\text{вн}}=430/532$ мм, $L=65$ мм, донышко: $\varnothing_{\text{вн}}=183/222$ мм, $L=32$ мм, донышко: $\varnothing_{\text{вн}}=268/328$ мм, $L=47$ мм, угольник: $\varnothing_{\text{вн}}=268$ мм, $S=36$ мм, $L=455/440$ мм.			
Сведения о технологии сварки (наплавки)	Автоматическая сварка под флюсом, с ручной подваркой			
Сведения о термообработке	<b>корпус:</b> отпуск $T_{\text{н}}=645-660^{\circ}\text{C}$ (для ПВД6А,6Б), отпуск $T_{\text{н}}=645-675^{\circ}\text{C}$ , охлаждение печью до $400^{\circ}\text{C}$ , <b>днище эллиптическое:</b> нагрев под вальцовку $T_{\text{н}}=980-1000^{\circ}\text{C}$ , охлаждение воздухом. <b>крышка:</b> отпуск, $T_{\text{н}}=645-660^{\circ}\text{C}$ охлаждение печью до $400^{\circ}\text{C}$ , <b>обечайка:</b> нормализация, $T_{\text{н}}=980-1000^{\circ}\text{C}$ охлаждение воздухом, нормализация, $T_{\text{н}}=950-980^{\circ}\text{C}$ охлаждение воздухом; нормализация, $T_{\text{н}}=980-990^{\circ}\text{C}$ охлаждение воздухом, нормализация, $T_{\text{н}}=950-1000^{\circ}\text{C}$ охлаждение воздухом (для ПВД 7А,7Б); <b>колено:</b> нагрев под штамповку, $T_{\text{н}}=980-1000^{\circ}\text{C}$ охлаждение воздухом, <b>донышко:</b> ковка, $T_{\text{н}}=1100-1120^{\circ}\text{C}$ , нормализация $T_{\text{н}}=900-930^{\circ}\text{C}$ , охлаждение воздухом.			
Паспорт (номер по архиву)	1786	2087	1947	
Ресурсные характеристики по конструкторской документации	Не приведены			
Температура среды (расчетная)	корпус – $216^{\circ}\text{C}$ , трубная часть: вход - $180,6^{\circ}\text{C}$ , выход - $201,4^{\circ}\text{C}$ .		корпус – $245^{\circ}\text{C}$ , трубная часть: вход – $201,4^{\circ}\text{C}$ , выход – $224,5^{\circ}\text{C}$ .	
Расчетное давление	корпус- $21\text{кгс/см}^2$ , трубная часть - $120\text{кгс/см}^2$		корпус- $36\text{кгс/см}^2$ , трубная часть - $120\text{кгс/см}^2$	
Рабочая среда	Пар, вода			

### 3. Результаты анализа технической документации

#### 3.1. Были рассмотрены и проанализированы:

- требования правил и норм в области использования атомной энергии, действующих НД: ПНАЭ Г-01-011-97 [1], ПНАЭ Г-7-008-89 [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**], НП-017-2000 [3], НП-031-01 [4], РД ЭО 0330-01 [17]; РД-ЭО-0281-01 [15], РД ЭО 1.1.2.09.0774-2008 [16], СТО 1.1.1.01.0678-2007 [5], СТО 1.1.01.006.0327-2008 [14];
- паспорта на подогреватели высокого давления, чертежи 08.8111.260СБ, 08.8111.260СБ;
- инструкция по монтажу безопасной эксплуатации подогревателей высокого давле-

ния 08.0302.048;

- программа ТОиР теплообменного оборудования, фильтров и баков турбинного отделения энергоблоков № 1, 2, 3, 4 Балаковской АЭС (ОППР-2-09/01);
- «Общие технические условия на ремонт» (ТУ ЭО 0144-2001);
- технологическая схема «Системы регенерации высокого давления» (С.1.ТЦ-1/05);
- Программа ТОиР теплообменного оборудования, фильтров и баков турбинного отделения энергоблоков № 1, 2, 3, 4 Балаковской АЭС. (ОППР-2-09/01);
- отчет по результатам обследования оборудования и системы регенерации высокого давления RD энергоблока №1 БалаАЭС;
- частный отчет по результатам проведения обследования оборудования и трубопроводов систем второго контура энергоблока №1 Балаковской АЭС для продления срока эксплуатации;
- отчетная и эксплуатационная документация по эксплуатационным режимам;
- документация по эксплуатационному контролю металла;
- отчетная документация по эксплуатационному контролю, документация по ТОиР, контролю металла и сварных соединений, результатам проверок и испытаний;
- данные по неисправностям, выявленным при эксплуатации, в т.ч. при контроле в период ремонтов;
- отчет по результатам комплексного обследования энергоблока 1 Балаковской АЭС.

3.2. Материал корпусных элементов соответствует ГОСТ 1050-74, ГОСТ 8479-70, ТУ 14-1-2072-77, ТУ 14-3-460-75.

Сертификаты качества материалов используемых при изготовлении и ремонтах соответствуют требованиям НТД.

3.3. Контроль состояния основного металла и металла сварных соединений подогревателей высокого давления ПВД-6А, 6Б, 7А, 7Б в процессе эксплуатации осуществляется в соответствии с действующей эксплуатационной и нормативной документацией. В настоящее время эксплуатационный контроль металла проводился согласно Типовой программы АТПЭ-9-03 [24].

Выявленные повреждения и дефекты устранялись (подвергались ремонту) в установленном порядке. В информационной карте 3 приведены сведения о ремонтах ПВД.

3.4. Результаты технических освидетельствований подогревателей высокого давления ПВД-6А, 6Б, 7А, 7Б приведены в информационной карте 2.

Информационная карта 2

Дата контроля (ТО)	Предприятие-исполнитель	Метод контроля	Методика контроля	Результаты контроля (ТО)	Мероприятия по результатам контроля (ТО)
<b>ПВД-6А</b>					
25.11.1985	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
18.01.1986	Балаковская АЭС	ГИ	$P=26,1 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Настроить предохранительный клапан
1989	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
1992	Балаковская АЭС	НО		Дефектов не обнаружено	

Дата контроля (ТО)	Предприятие-исполнитель	Метод контроля	Методика контроля	Результаты контроля (ТО)	Мероприятия по результатам контроля (ТО)
05.1993	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
01.06.1993	Балаковская АЭС	ГИ	$P=28 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
04.10.2000	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
24.01.2001	Балаковская АЭС	ГИ	$P=28 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
8.10.2008	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
13.10.2008	Балаковская АЭС	ГИ	$P=28 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
<b>ПВД-6Б</b>					
25.11.1985	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
18.01.1986	Балаковская АЭС	ГИ	$P=26,1 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Настроить предохранительный клапан
21.08.1989	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	
18.01.1992	Балаковская АЭС	НО		Дефектов не обнаружено	
12.12.1992	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	
01.06.1993	Балаковская АЭС	ГИ	$P=28 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
01.12.1999	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
24.01.2001	Балаковская АЭС	ГИ	$P=28 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
8.10.2008	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
13.10.2008	Балаковская АЭС	ГИ	$P=28 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
<b>ПВД-7А</b>					
25.11.1985	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
18.01.1986	Балаковская АЭС	ГИ	$P=42,3 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Настроить предохранительный клапан
10.03.1987	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
02.02.1989	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	
18.01.1992	Балаковская АЭС	НО		Дефектов не обнаружено	
18.05.1993	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	



Дата контроля (ТО)	Предприятие-исполнитель	Метод контроля	Методика контроля	Результаты контроля (ТО)	Мероприятия по результатам контроля (ТО)
01.06.1993	Балаковская АЭС	ГИ	$P=50 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
09.01.2001	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
24.01.2001	Балаковская АЭС	ГИ	$P=41 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
8.10.2008	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
13.10.2008	Балаковская АЭС	ГИ	$P=41 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
<b>ПВД-7Б</b>					
25.11.1985	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
18.01.1986	Балаковская АЭС	ГИ	$P=42,3 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Настроить предохранительный клапан
26.08.1989	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
18.01.1992	Балаковская АЭС	НО		Дефектов не обнаружено	
12.12.1992	Балаковская АЭС	ВО		Дефектов не обнаружено	
01.06.1993	Балаковская АЭС	ГИ	$P=50 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
17.01.2001	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
24.01.2001	Балаковская АЭС	ГИ	$P=41 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация
14.10.2008	Балаковская АЭС	ВО, НО		Дефектов не обнаружено	
27.10.2008	Балаковская АЭС	ГИ	$P=41 \text{ кгс/см}^2$	Дефектов не обнаружено	Разрешается дальнейшая эксплуатация

3.5. Анализ неисправностей (отказов, повреждений, дефектов) проявившихся при эксплуатации.

3.5.1. За весь период эксплуатации зафиксирован следующий отказ ПВД-7Б: 11.02.2006 г. повреждение оборудования группы С. Внеплановый вывод в ремонт ПВД-7Б 1RD12W01 из-за повреждения плоскоспиральных трубных элементов (ПСТЭ). Отчет № 1БАЛ-Ц18-009-01-06/ТЦ-1.

3.5.2. Анализ характерных повреждений и дефектов показывает, что основным повреждающим фактором является эрозионный износ, прежде всего спиралей. Стратегия ТОиР предусматривает постепенную замену износившихся спиралей новыми из нержавеющей стали аустенитного класса (08X18H10T, 12X18H10T, 0X18H10T), что многократно уменьшает эрозионный процесс, однако увеличиваются напряжения в сварных швах приварки спиралей к коллекторам (из-за различного коэффициента температурного расширения). Также отмечаем, что сравнительно небольшие изменения внутреннего рельефа трубы коллектора рядом с вновь вваренной трубкой змеевика (попадание брызг металла, прижоги, нарушение окисной пленки) могут со временем привести к прогрессирующему эрозионному износу коллектора.

В выводах даны рекомендации в дополнении к периодическому эксплуатационному контролю проводить контроль методом ВК угловых композитных сварных соединений врезки ПСТЭ в раздающие и собирающие коллектора и методом УЗТ корпусов коллекторов по одной точке на расстоянии не более 20мм от композитного сварного шва врезки ПСТЭ из аустенитных сталей при возможности доступа.

3.6. Анализ причин послуживших основанием для ремонта и модернизации показывает, что в большинстве случаев ремонт выполнялся вследствие выявления недопустимого утонения на теплообменных спиралях по результатам периодического (планового) неразрушающего контроля. Отмечаются так же ремонты связанные: с плановой заменой уплотняющей мембраны, заменой листов внутреннего корпуса (наибольший износ отбойных листов внутреннего корпуса отмечается в зоне паровпуска), реконструкцией узла сброса воздуха и изменением уровня конденсата в аппаратах.

Ремонт подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б проводится по документации на ремонт, разработанной и введенной в действие в установленном порядке и с учётом требований ТУ ЭО 0144-2001 и заводской документации.

Сведения о ремонте и модернизациях подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б представлены в информационной карте №3.

## Информационная карта 3

Дата ремонта	Сведения о ремонте
<b>ПВД-6А</b>	
23.06.1988 г.	произведена реконструкция узла спуска воздуха согласно письма ТКЗ от 12.05.86г. №20/1031-8684. Заглушена спираль №1 сверху охладителя дренажа в секторе В-Г.
06.1986 г.	произведен ремонт сварного стыка №46/4- приварка трубы спуска воздуха и брака в сварных стыках 46/1-2. Ремонт стыков произведен по технологии №25-16/31 от 18.04.86г. технологический паспорт-формуляр №15-06/827.
01.1989 г.	произведена замена мембраны толщиной 6 мм на s=10мм, устранены задиры на корпусе, технический паспорт-формуляр №ЛМ-1-26-000.
01.1993 г.	на основании писем НПО «Турбоатом» 1-40-02/11-529 и ПО «Красный котельщик» повышается уровень в корпусе ПВД, для этого перенесены штуцера присоединения указателей уровня. Согласно тех. решения №150э-ТЦ, технический паспорт-формуляр 1-8-09.ОДМ и ТК.
10.1998 г.	заменены спирали в секторе Е №170 в зоне КП и ремонт защитного корпуса паспорт-формуляр 1/197.
01.1999 г.	выполнена замена спиралей в зоне ОК сектор Д №9В,9Н,1 и 10Н и заварка сварного соединения №33. Паспорт-формуляр 1/233 от 22.01.99г. Вырезаны спирали 11Н, 12Н и 11В для контроля, вместо них установлены новые. Восстановлен сварной шов приварка внутреннего корпуса к собирающему коллектору сектора Д, восстановлен корпус сектора Д. Заменена заглушка демонтированного воздушника коллектора А
04.1999 г.	выполнена замена спиралей 1Н, 2Н сектор В зона ОК, 1Н сектор Б. Заварен сварной шов №33 мембранного уплотнения. Паспорт-формуляр 1/237. Восстановлена спираль 2Н сектор В зона ОК.
05.1999 г.	заменены спирали 8В, 7Н сектор Е зона КП. Восстановлен корпус в секторах А, Б, В, Г, Д, Е, выполнен контроль всех спиралей в зоне ОК. Заменена мембрана. Паспорт-формуляр 1/242.
01.2002 г.	выполнена замена спирали 164Н сектор Е зона КП. Заварен сварной шов №33 мембранного уплотнения. Паспорт-формуляр 1/304
10.2002г.	произведен ВО и НО корпуса, выполнен контроль УЗТ спиралей в зоне ОК с 1 по 39 в секторах А, Б, В, Г, Д, Е раздающий и собирающий коллектор. Заменены спирали в зоне ОК сектор В-5,19 (с заменой хвостовика на НЖ), сектор Д-15,29,35,39 (Ст.20+НЖ), сектор Е-55 (Ст.20+хвостовик НЖ). Зона КП в секторах А-

Дата ремонта	Сведения о ремонте
	177,178(Ст.20), В-163 (деф), 164,174,177,179,180(Ст.20), Д-180(Ст.20). Заварено сварное соединение №33 мембранного уплотнения. Паспорт-формуляр 1/308 от 04.10.2000г.
02.2002 г.	во время ППР-2002 выполнен замер толщин ПСТЭ в зоне КП-100% секторов А, Б, В, Г, Д, Е. По результатам контроля заменены спирали сектор А-126,124,108,95,94,87,55,88,56, сектор Б-114,98,90, сектор В-67,68, сектор Г-95,96,87,88; сектор Д-157,158,160,162,169,172,178,166,159,144,138,132,128,134.164,124; сектор Е-169,165,161,159,170,166,162,160. Заварено сварное соединение № 33. Паспорт-формуляр ТЦ1-03.06/1-3.
07.2002 г.	во время ремонта выполнена замена спиралей в зоне КП сектор Е-14,15,16,17,18. Заварено сварное соединение №33. Паспорт-формуляр ТЦ1-03-06/1-68.
05.2004 г.	во время ППР-2004 выполнен замер ПСТЭ, по результатам контроля заменены спирали в зоне ОК сектор А-5, сектор Б-1,11,13,27,31,35, сектор В-21,25, сектор Д-13. Зона КП сектор А-59,60,83,85,86,110, сектор Б-53,54, сектор В-69,70,75,76,101,102,140, сектор Б-115,116, сектор Д-76, сектор Е-58,159,160,171,172,174,176,180,184. Заменена спираль толщиной 10мм сварной шов №27 и заварено сварное соединение №33.
04.2006 г.	вне ППР выведен сосуд в ремонт-дефект по трубной системе, сектор А зона КП спирали 156,157,159. По результатам УЗТ и ПСТЭ заменены спирали в зоне ОК: сектор Б-5,7,15,19,21,25,29, сектор Г-5, сектор Д-7, в зоне КП: сектор А-41,42,112,120,158,160,180, сектор Б-59,60, сектор В-59,60,87,88, сектор Д-121,122,146,150, сектор Е-87,88,165,166,167,168,182. Заварено сварное соединение №33. Свидетельство ТЦ1-03-06/1-324.
06.2006г.	в ППР-2006 выполнен контроль металла по РП ОДМ-08/1-06. По результатам контроля заменены ПСТЭ в количестве 50 шт. (зонаОК-15, КП35) акт ТЦ1-01-25/165. Св-во на сварку ТЦ1-03-06/1-350, акт обследования ОДМ 1-14/1282.
27.06.2007 г.	вне ППР выполнен ремонт сварного соединения С на трубопроводе дренажа трубной системы Ø32х4. Св-во о ремонте с применением сварки №ТЦ1-03-06/1-412.
<b>ПВД-6Б</b>	
04.1986 г.	произведен ремонт сварного соединения №42-шов приварки спирали к коллектору, установлена заглушка. Технология №25-16/32.
08.1989 г.	произведена реконструкция узла спуска воздуха по письму ПО «Красный котельщик» №20/103/8684 от 12.05.86г.
12.1991 г.	произведена реконструкция по тех. решению №1325э-ТЦ (вырезаны 2 отв.) и заменена мембрана.
01.1993 г.	на основании писем НПО «Турбоатом» и ПО «Красный котельщик» 1-40-02/11-529 и 19-181/448 повышается уровень в корпусах ПВД, для этого перенесены штуцера присоединения указателей уровня согласно тех. решения 1500э-ТЦ.
10.1997 г.	заменены дефектные спирали в секторе А зона ОК №7В,8В,8Н,9В,9Н. Выполнен ремонт мембранного уплотнения. Восстановлен кожух.
05.1999 г.	замена дефектной спирали в зоне ОК секторВ-1Н,1В,2Н. Заварен сварной шов №33 мембранного уплотнения.
11.1999 г.	заменена спираль 11В зона КП сектор Д. Заварен сварной шов №33 мембранного уплотнения.
01.2000 г.	заменены спирали в зоне КП сектор В-78Н,79Н,80В,80Н,81В. Заварен сварной шов №33-мембранного уплотнения.
03.2000 г.	выполнена реконструкция спиралей, замена хвостовиков на НЖ. Зона ОК сектор Д спираль 1Н (Ст.20+НЖ). В зоне КП заменены спирали 171Н сектор В. Заменена мембрана, выработавшая свой ресурс.
01.2001 г.	во время ППР-2000 выполнен контроль металла сосуда и сварных соединений, УЗТ ПСТЭ зон ОК и КП по РП ОДМ-08/1-00. Акт обследования ОДМ-1-31/1029. По результатам контроля выполнен ремонт спиралей в зоне КП сектор А-

Дата ремонта	Сведения о ремонте
	176,174,172,168,170,136,128,126,125,114-Ст.20. Сектор Б-132,72,71, сектор В-170,169,166,165,100,99 - Ст.20, сектор Г-176,174,173,130-Ст.20, сектор Д-166,162,80-Ст.20, сектор Е-62 Ст.20. Заварено сварное соединение №33.
05.2002 г.	заменены дефектные спирали в зоне ОК сектор В №37,38,39. Заварено сварное соединение №33. Паспорт-формуляр ТЦ1-03-06/1-65.03.2003 г. во время ППР-2003 проведен эксплуатационный контроль ПСТЭ по РП ОДМ-08/1-03. По результатам контроля заменены спирали: зона ОК сектор Б-4,5. Зона КП сектор А-84,110, сектор В-53,65,159,160,54,56, сектор Г-74,111,126,112, сектор Д-128. Паспорт-формуляр ТЦ1-03-06/1-77.
05.2005 г.	в ППР-05 проведен эксплуатационный контроль ПСТЭ 100%-зона ОК, КП. По результатам контроля заменены спирали: сектор А-180, сектор Б-74,132,180, сектор В-141,158,164,168,172,174,178,179,102, сектор Г-96, сектор Д-124,126, сектор Е-100, зона ОК сектор А-7. Заменено мембранное уплотнение. Паспорт-формуляр ТЦ1-03-06/1-253.
01.2007 г.	вне ППР выполнена замена дефектных спиралей в зоне ОК сектор Г №1,2,3. Св-во на ремонт ТЦ1-03/06/1-409.
<b>ПВД-7А</b>	
01.1989 г.	произведена реконструкция узла спуска воздуха согласно письма ПО «Красный котельщик» №20/1031/8684 и технического решения №719э-ТЦ.
05.1992 г.	заглушена дефектная спираль №1н в секторе Б коллектора Р-С в зоне ОК, по технологии 08.0302.282.РА, технологический паспорт –формуляр ОДМиТК-1-8-50.
11.1993 г.	заменена мембрана, выработавшая свой ресурс толщиной 10 мм. Технологический паспорт-формуляр 1-8-644.
1993 г.	на основании письма НПО «Турбоатом» 1-40-02/11-529 и ПО«Красный котельщик» 19/181/448 повышается уровень в корпусах ПВД, для этого перенесены штуцера присоединения указателей уровня согласно тех.решения 1500эТЦ. Технологический паспорт-формуляр ОДМиТК1-08-09.
06.1997 г.	произведена замена мембраны, выполнен ремонт паротбойного кожуха (доработка узла по чертежу ЭС-22130). Технологический паспорт-формуляр 1/91. Заменена спираль 1Н сектор «Г» зона ОК.
01.2001 г.	во время ППР-2000 выполнен контроль металла и св.соед. сосуда, УЗТ ПКТЭ по РП ОДМ-08/1-00. Акт выполненных работ ОДМ-1-31. По результатам контроля выполнен ремонт спиралей в зоне КП, сектор А-175 Ст.20; Б-167,165,135 Ст.20; Б-168,136 Ст.20+НЖ; В-139,141,143,145,147,149-Ст.20; В-140,144,150 Ст.20+НЖ; Г-165 Ст.20,166 Ст.20+НЖ; Д 162,166,168,176,180 Ст.20+НЖ; Е-144,148,160,162,172 Ст.20+НЖ. В зоне ОК: сектора Б-2,4,6 Ст.20,1,25,5,7 Ст.20+НЖ; В-27 Ст.20+НЖ; Г-31,35 Ст.20+НЖ; Е-31,37 Ст.20+НЖ. Заварено св.соед. №33. Паспорт-формуляр 1/321.
03.2003 г.	во время ППР-2003 выполнена замена глушки в верхней части собирающего кол. между секторами А и Е. Заменена мембрана. Паспорт-формуляр ТЦ1-03-06/1-80.
04.2004 г.	во время ППР-2004 выполнен контроль ПСТЭ УЗТ. По результатам контроля выполнена замена спиралей в зоне ОК-Е-7,15,20,21,36,37,38,39; Г-7,13,15. Зона КП: Б-163,158,155,149; В-166, 120, 139, 135, 133, 131, 130, 125, 121, 115, 113, 112, 140, 136, 134, 126, 122, 116; Г-159,160,176; Д-176; Е-140,144. Заварено св.соед. №33 мембранного уплотнения. Паспорт-формуляр ТЦ1-03-06/1-167.
06.2006 г.	в ППР-2006 выполнен эксплуатационный контроль металла по РП ОДМ-08/01-06. По результатам контроля заменены ПСТЭ в количестве 85 шт. Зона ОК-39, зона КП-46, акт ТЦ1-01-25/530. Свидетельство на работы с применением сварки ТЦ1-03-06/1-351. Акт обследования ОДМ1-14/1277.
22.11.2007 г.	Выполнен ремонт ПСТЭ в зоне КП сектор Б, заменены спирали 155, 156, 163, 164, 173, 174 с хвостовиками их Стали 08Х18Н10Т. Свидетельство на работы с применением сварки ТЦ1-03-06/1-497.

Дата ремонта	Сведения о ремонте
<b>ПВД-7Б</b>	
11.02.2006 г.	повреждение оборудования группы С. Внеплановый вывод в ремонт ПВД-7Б 1RD12W01 из-за повреждения плоскоспиральных трубных элементов (ПСТЭ). Отчет № 1БАЛ-Ц18-009-01-06/ТЦ-1.
15.05.1986 г.	заглушена верхняя спираль в зоне охладителя дренажа оси А.
26.11.1986 г.	произведена замена мембраны толщиной 6 мм на мембраны толщиной 10мм
06.07.1989 г.	произведено ТО ПВД по программе «Реконструкция узла спуска воздуха» 20/1031/8684
08.1991 г.	произведена замена мембраны 8-10 мм и замена дефектной спирали №28 сектор А-Г (коллектор СБ). Паспорт-формуляр МИ-1-8-38
02.1992 г.	восстановлены спирали ранее заглушенные: 1Н, 20Н, 19В-сектор А+С; №20Н; 19В-сектор А+Р; №1Н-сектор В+Р; №1Н-сектор В+С; зона ОК по технологии ТУ-34-38-210210-83.
1993 г.	на основании письма НПО «Турбоатом» 1-40-02/11529 и ПО «Красный котельщик» 19/181/448 повышается уровень в корпусах ПВД, для этого перенесены штуцера при присоединения указателей уровня согласно тех.решения 1500ЭТЦ. Технологический паспорт-формуляр ОДМи ТК 1-08-09
08.1998 г.	заменена спираль №171 в секторе А зона КП. Устранены эрозионные размывы по протоколу ОДМ-1-14/001. Технологический паспорт-формуляр 1/196. Выполнена реконструкция паротбойных щитов по чертежу ЭС-2130.
09.1999 г.	произведена замена спиралей в зоне КП сектор «Е» 173Н;175Н. Выполнен контроль спиралей УЗТ в секторе «Е» с 151-180 (В,Н) раздающий и собирающий коллектор. Заварен сварной шов 33 мембранного уплотнения. Паспорт-формуляр 1/245.
03.2000 г.	заменены спирали в зоне ОК в секторах: «Б»-6Н;12Н;13Н;15Н;17Н;18Н;20Н «В»-11Н; «Д»-17Н;19Н с заменой хвостовиков из Ст.20 на НЖ (Т.Р.19-21/153 Минатом). Выполнен контроль УЗТ спиралей в зоне ОК секторов А,Б,В,Г,Д,Е, восстановлены кожухи в данных секторах. Заварено св. соединение №33 мембранного уплотнения. Паспорт-формуляр 1/299, технологические указания по устранению дефектов ОППР-1-06/19-00 от 24.03.2000.
07.2000 г.	выполнен ремонт трубной системы в зоне КП, заменены спирали сектор Б-160,154;сектор Г-180;сектор В-178,176,174,172,160; сектор Е-180;174;171;166;162;160;156. Выполнена заварка св.соед №33. Паспорт-формуляр 1/306.
01.2001 г.	во время ППР-2000 выполнен контроль металла и св. соедин. сосуда, УЗТ ПСТЭ по рабочей программе ОДМ-08/1-00, акт обследования ОДМ-1-31/1029. По результатам контроля выполнен ремонт спиралей в зоне ОК сектора: «А»-7,11,39-Ст.20+НЖ; «Б»-5,17,37-Ст.20+НЖ; «В»-5-Ст.20+НЖ, 37-Ст.20; «Д»-19,23,31,35,39-Ст.20+НЖ. В зоне КП сектор «А»-134,174-Ст.20+НЖ; «Б»-125,144,169-Ст.20, 12,126,140,170-Ст.20+НЖ; «В»-145,153,167-Ст.20,146,154,168-Ст.20+НЖ; «Д»-4-Ст.20+НЖ; «Е»-143 Ст.20,131,152,140,144-Ст.20+НЖ. Заменена мембрана, вырабатывавшая свой ресурс. Заварено сварное соединения №33. Паспорт-формуляр 1/313.
03.2003 г.	во время ППР-2003 выполнен контроль ПСТЭ по РП ОДМ-08/1-03. По результатам контроля заменены спирали: ОК сектор «В»-1,3,35; КП сектор «В»-93,98,94,142; «Г»-150,154,156,158,173,179,180,178,176,174,177; «Д»-158,162,166,170,178; «Е»-138,144,150,152,155,160,163,165,166,169,170,178,156,164. Паспорт-формуляр ТЦ1-03-06/1-78.
13.09.1986 г.	произведена реконструкция узла спуска воздуха согласно письма Таганрогского завода «Красный котельщик» от 12.05.86 №20/1031-8684.
02.2006 г.	выполнен ремонт трубной системы ПВД в зоне ОК сектор «А» заменены спирали 9, 15, 17,19, 21,23, 25, 29,31,33,35. Свидетельство ТЦ1-03-06/1-321. Спирали из

Дата ремонта	Сведения о ремонте
	Ст.10.
06.2006 г.	в ППР-2006 выполнен контроль металла и ПСТЭ в объеме рабочей программы ОДМ 1-08/06. По результатам контроля заменены ПСТЭ в количестве 184 шт. (зона ОК-35, КП-149) перечисленные в акте выполненных работ ТЦ1-01-25/127. Свидетельство ТЦ1-03-06/1-325.
27.10.2008 г.	В ППР-08 выполнен контроль ПСТЭ. По результатам контроля заменены ПСТЭ в количестве 33 штук. Зона КП сек «Б» - 65,66,67,68,91,92,111,112,137,138,141,142,181,182,92, сектор «В» - 173,174,177,178,181,182, сектор «Г» - 111,112,118,121,122,123,124,147,148, сектор «Е» - 99,100,114. Спирали с вставками из Стали 08Х18Н10Т (труба). Свидетельство на работы применением сварки ТЦ1-03-06/575.

Техническое обслуживание и ремонт подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б выполняются ремонтными подразделениями Балаковской АЭС или сторонними организациями, имеющими оформленное соответствующим образом разрешение (лицензию) на проведение такого рода работ.

3.7. Данные по фактическим эксплуатационным режимам и параметрам:

– рабочая температура:

ПВД-7А,Б – корпус (греющий пар на входе) - 234°C;

ПВД-7А,Б – трубная часть (вход) -201,4°C; трубная часть (выход) – 224,5°C;

ПВД-6А,Б – корпус (греющий пар на входе) - 210°C;

ПВД-6А,Б – трубная часть (вход) – 180,6°C, трубная часть (выход) – 201,4°C;

– рабочее давление:

ПВД-7А,Б – корпус – 30,4°C;

ПВД-7А,Б – трубная часть – 120 кгс/см<sup>2</sup>;

ПВД-6А,Б – корпус – 19,6°C;

ПВД-6А,Б – трубная часть – 120 кгс/см<sup>2</sup>;

– скорость нагрев/расхолаживание – 55 °С/час;

– отклонений от нормируемых значений ВХР подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б не зафиксировано.

– сведения по циклам нагружения (история нагружения сосудов) подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б представлены в информационной карте 3.

Информационная карта 3

Наименование условий эксплуатации*	Фактическое количество режимов**	Прогноз количества режимов на 60 лет эксплуатации
Пуск/останов	60	150
ГИ	6	15

\* принято максимальное количество режимов из 4-х ПВД.

\*\* на 01.01.2010 г.

#### 4. Результаты контроля состояния металла подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления

4.1. Контроль состояния металла подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б проведен в объёме установленной «Программой ...».

Методика контроля: в соответствии с РД ЭО 1.1.2.09.0774-2008 и по ПНАЭ Г-7-016-89, ПНАЭ Г-7-031-91, ПНАЭ Г-7-018-89, РД ЭО 0027-05.

Оценка качества по ПНАЭ Г-7-010-89, АТПЭ-9-03 и расчету на прочность.

4.2. Недопустимых дефектов, повреждений, отклонений от требований НТД не зафиксировано.

4.3. Сводные данные по результатам контроля представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

№ п/п	Наименование узлов и элементов оборудования	Метод контроля	НТД	Заключение по результатам контроля
1	2	3	4	5
1	Трубная система (коллекторов и спиралей), поверхность корпуса (с внутренней стороны), включая зону охлаждения	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
		КК	ПНАЭ Г-7-018-89	Дефектов не обнаружено
		УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91	Недопустимого утонения не обнаружено
2	Сварные соединения фланцев с корпусом и крышкой снаружи и изнутри	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
		КК	ПНАЭ Г-7-018-89	Дефектов не обнаружено
3	Гибы коллекторов трубной системы (участок напротив паровпуска)	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
		УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91	Недопустимого утонения не обнаружено
4	Сварные угловые соединения патрубков греющего пара, отвода и подвода питательной воды с корпусом (крышкой) и сварные кольцевые соединения трубопроводов с патрубками	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
		КК	ПНАЭ Г-7-018-89	Дефектов не обнаружено
5	Внутренний кожух и накладные пластины в зоне ОП	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
		УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91	Недопустимого утонения не обнаружено
6	Корпус в месте патрубка подвода греющего пара на расстоянии 500мм от углового сварного стыка	УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91	Недопустимого утонения не обнаружено
		ИМС	РД ЭО 0027-05	Соответствует требованиям НД
7	Корпус в зоне КП	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
		УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91	Недопустимого утонения не обнаружено
8	Радиусные переходы фланцев – от уплотняющей поверхности к поверхности отверстий	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
9	Крышка корпуса в месте примыкания к опорной стойке	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
10	Поверхность нижнего днища между патрубками входа и выхода питательной воды	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено

№ п/п	Наименование узлов и элементов оборудования	Метод контроля	НТД	Заключение по результатам контроля
1	2	3	4	5
11	Узлы крепления опорной стойки	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	Дефектов не обнаружено
12	Гибы коллекторов и тройники пита- тельной воды 1-е от входа.	УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91	Недопустимого утонения не обнаружено

## **5. Результаты оценки технического состояния и остаточного ресурса подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давления**

5.1. Условия и режимы эксплуатации подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС соответствуют требованиям ЭД и ПКД. За период эксплуатации отклонений от регламентных режимов нагружения и рабочих параметров эксплуатации не зафиксировано.

5.2. На протяжении всего периода эксплуатации контроль состояния металла и сварных соединений подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б проводился в соответствии с нормативной и конструкторской документацией.

За весь период эксплуатации был зафиксирован один отказ в работе ПВД-7Б: 11.02.2006 г. повреждение оборудования группы С. Внеплановый вывод в ремонт ПВД-7Б 1RD12W01 из-за повреждения плоскоспиральных трубных элементов (ПСТЭ). Отчет № 1БАЛ-Ц18-009-01-06/ТЦ-1.

Характерным повреждением ПВД, выявляемым эксплуатационным контролем, является износ спиралей. В рамках ТОиР спирали заменяются на новые из стали аустенитного класса. В п. 3.5.2 и 6.6. настоящего заключения делаются выводы и даются рекомендации по проведению дополнительного эксплуатационного контроля коллекторов.

5.3. Результаты эксплуатационного контроля металла подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б и технических освидетельствований зафиксированы в установленном порядке в актах, заключениях, протоколах, в паспортах, формулярах.

Комплектность документации, полнота сведений в ней соответствуют требованиям действующих НД.

5.4. В соответствии с результатами анализа технической документации, истории эксплуатации, дополнительного контроля металла в рамках работ по оценке технического состояния и остаточного ресурса, состояние подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС – работоспособное, исправное (по ГОСТ 27.002-89), соответствует требованиям ЭД, ПКД и НД. Существующая система эксплуатации и ТОиР соответствует требованиям ЭД и НД и обеспечивает поддержание требуемого технического состояния и надёжности подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б. Выполненный анализ не выявил повреждающих факторов, механизмов старения металла, препятствующих дальнейшей эксплуатации подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б.

5.5. В соответствии с Нормами ПНАЭ Г-7-002-86, РД ЭО 0330-01 для подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС выполнены:



- расчет на статическую прочность в стационарном режиме, включая тепловой расчет;
- расчет на статическую прочность в режиме ГИ;
- расчет на сейсмическую прочность (НУЭ+ПЗ);
- расчет шпилек главного разъёма;
- расчет на циклическую прочность;
- расчет коэффициента повреждаемости.

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

- на устойчивость (в связи с отсутствием наружного давления и общих сжимающих нагрузок п. 5.5);
- на длительную циклическую прочность, так как рабочая температура ниже температуры начала ползучести (п. 5.7);
- на хрупкую прочность, так как рассчитываемые подогреватели высокого давления не находятся под воздействием нейтронного облучения интенсивностью более  $10^{22}$  нейтр./м<sup>2</sup> 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 существенных неравномерных температурных нагрузок по длине элементов подогревателей высокого давления (п. 5.10.1);
- для режимов срабатывания АЗ, изменения мощности реактора, аварийной ситуации, т.к. данные режимы и имевшие место нарушения в работе энергоблока (с момента пуска до настоящего времени) не могли оказать влияния на прочность подогревателей высокого давления.

5.6. Выполненные расчеты на прочность, показывают, что статическая и циклическая прочность для всех элементов подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС обеспечены.

Отмечаем, что для узла врезки штуцера подвода греющего пара ПВД-6А,6Б расчетные напряжения близки к предельно допустимым. Рекомендуем провести расширенный (включающий методы ВК, КК или МК, УЗК) неразрушающий контроль металла в месте врезки штуцера подвода греющего пара.

В выводах к настоящему заключению (раздел 6) даются рекомендации по контролю, объёмы и методы контроля узла врезки штуцера.

5.7. Принимая рабочие параметры и режимы эксплуатации подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б в течение продлеваемого срока службы (30 лет), следует заключить:

А) Анализ результатов исследований механизмов старения сосудов и их сварных соединений, показывает, что для сталей, из которых изготовлены корпуса подогревателей высокого давления, изменения механических свойств металла в процессе эксплуатации выражены в слабой степени.

Анализ результатов оценки механических характеристик по измеренной твердости в соответствии с РД ЭО 0027-2005 [21] показывает, что механические свойства материала, со-

ответствуют нормативным для вышеуказанных статей, а имеющиеся различия могут быть отнесены к погрешности измерений и допуску при изготовлении.

Б) Учитывая принятые механизмы износа металла (основным из которых является эрозионно-коррозионный износ), можно утверждать, что значения механических свойств металла подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б не выйдут за рамки указанных граничных значений механических свойств.

В) Утонения стенок основных элементов подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б вследствие эрозионно-коррозионного износа на конец продленного срока службы, предполагаются незначительными (не превысят значений, указанных в расчете на прочность). Стратегия ТОиР, принятая на БАЭС, устанавливает периодическую заблаговременную замену быстро изнашиваемых элементов.

Г) Влияние других механизмов старения (термическое старение, малоцикловая усталость, механический износ, общая коррозия), при принятой модели дальнейшей эксплуатации не будет доминирующим и не внесёт, за предполагаемый дополнительный период эксплуатации (30 лет), существенных изменений в состояние металла элементов подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б.

## 6. Заключение

6.1. Состояние подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС – работоспособное, исправное (по ГОСТ 27.002-89), соответствует требованиям конструкторской (проектной) и нормативной документации.

6.2. Условия и режимы эксплуатации подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС соответствуют требованиям ЭД и ПКД.

6.3. Состояние основного металла и сварных соединений всех элементов подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б на момент контроля соответствует требованиям НД.

6.4. Подогреватели высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС удовлетворяют условиям прочности Норм расчета ПНАЭ-Г-002-86 на текущий момент и на продлеваемый срок службы 30 лет.

6.5. Учитывая ремонтпригодность и существующую систему ТОиР, подогреватели высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС могут эксплуатироваться в течение 60 лет (с 1985 г. по 2045 г.) при соблюдении условий и режимов эксплуатации, периодичности и объемов ТОиР в соответствии с требованиями действующей ЭД и НД.

6.6. Рекомендуем:

- эксплуатировать ПВД-6А,6Б,7А,7Б в соответствии с паспортными параметрами;
- в дополнении к периодическому эксплуатационному контролю проводить контроль методом ВК угловых композитных сварных соединений врезки ПСТЭ в раздающие и собирающие коллектора и методом УЗТ корпусов коллекторов по одной точке на расстоянии не более 20мм от композитного сварного шва врезки ПСТЭ из аустенитных сталей при возможности доступа.

- до 2015г. (т.е. до исчерпания проектного срока службы) провести контроль узла врезки штуцера подвода греющего пара ПВД-6А,6Б в следующем объеме:

Метод	Объем	Примечание
ВК	100%	Особое внимание уделить внутренней поверхности отверстия в обечайке.
УЗК	100%	угловой сварной шов
КК или МК	50% длины окружности	По внутренней поверхности на 50мм от кромки отверстия в обечайке в обе стороны. Верхнюю и нижнюю части отверстия.

Начальник отдела по  
экспертизе оборудования АЭС

Зам. начальника отдела по  
экспертизе оборудования АЭС

Инженер по НК

В.А. Адамов

С.Г. Фиш

С.И. Ткачев

### **Перечень документов, использованных при разработке Заключения**

1. 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. НП-031-01. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций.
5. СТО 1.1.1.01.0678-2007. Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций.
6. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчёта на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
7. РБ-029-04. Состав и содержание материалов по обоснованию остаточного ресурса элементов блока атомной станции для продления срока его эксплуатации.
8. ГОСТ 27.002-89. Надёжность в технике. Основные понятия, термины и определения.
9. ПНАЭ Г-7-010-89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные швы и наплавки. Правила контроля.
10. ПК 1514-72. Правила контроля сварных соединений и наплавки узлов и конструкций атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок.
11. ПНАЭ Г-7-016-89. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Визуальный и измерительный контроль.
12. ПНАЭ Г-7-018-89 Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Капиллярный контроль.
13. ПНАЭ Г-7-031-91. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Измерение толщины стенки монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий.
14. СТО 1.1.01.006.0327-2008. Стандарт Организации. Продление срока эксплуатации блока атомной станции.
15. РД-ЭО-0281-01. Положение по управлению ресурсными характеристиками элементов энергоблоков АС.
16. РД ЭО 1.1.2.09.0774-2008. Руководящий документ эксплуатирующей организации. Оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и насосов энергоблоков атомных станций. Методика.
17. РД ЭО 0330-01. Руководство по расчёту на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации.
18. Программа обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б,7А,7Б системы регенерации высокого давле-

ния энергоблока №1 Балаковской АЭС.

19. Программа ТОиР теплообменного оборудования, фильтров и баков турбинного отделения энергоблоков № 1, 2, 3, 4 Балаковской АЭС. (ОППР-2-09/01).

20. Отчет по результатам обследования оборудования и системы регенерации высокого давления RD энергоблока №1 БалАЭС.

21. Частный отчет по результатам проведения обследования оборудования и трубопроводов систем второго контура энергоблока №1 Балаковской АЭС для продления срока эксплуатации.

22. ТУ ЭО 0144-2001. Общие технические условия на ремонт.

23. Технологическая схема «Системы регенерации высокого давления» (С.1.ТЦ-1/05).

24. АТПЭ-9-03. Типовая программа эксплуатационного контроля за состоянием основного металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов атомных электростанций с ВВЭР-1000.

25. Отчет по результатам комплексного обследования энергоблока 1 Балаковской АЭС.

**Протоколы контроля текущего состояния  
подогревателей высокого давления ПВД-6А,7А**

Приложение содержит:

№ п.п.	Наименование документа	Кол-во листов
<b>ПВД-6А</b>		
1	Протокол по ВИК №ОДМиТК-1-14/228 от 27.01.2010г.	1
2	Протокол по ВИК №ОДМиТК-1-14/632 от 14.02.2010г.	1
3	Заключение по УЗТ №ОДМ-1-14/1 от 12.01.2010г.	1
4	Заключение по УЗТ №ОДМ-1-14/3 от 12.01.2010г.	2
5	Заключение по УЗТ №ОДМ-1-14/15 от 14.01.2010г.	1
6	Заключение по УЗТ №ОДМ-1-14/17 от 14.01.2010г.	1
7	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/10 от 13.01.2010г.	1
8	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/11 от 13.01.2010г.	1
9	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/12 от 13.01.2010г.	1
10	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/13 от 13.01.2010г.	1
11	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/14 от 13.01.2010г.	1
12	Протокол по ИМС №ОДМиТК-3-08/128 от 11.01.2010г.	1
<b>ПВД-7А</b>		
13	Протокол по ВИК №ОДМиТК-1-14/633 от 27.01.2010г.	1
14	Протокол по ВИК №ОДМиТК-1-14/229 от 27.01.2010г.	1
15	Заключение по УЗТ №ОДМ-1-14/2 от 12.01.2010г.	1
16	Заключение по УЗТ №ОДМ-1-14/4 от 12.01.2010г.	2
17	Заключение по УЗТ №ОДМ-1-14/16 от 14.01.2010г.	1
18	Заключение по УЗТ №ОДМ-1-14/18 от 14.01.2010г.	1
19	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/5 от 13.01.2010г.	1
20	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/6 от 13.01.2010г.	1
21	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/7 от 13.01.2010г.	1
22	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/8 от 13.01.2010г.	1
23	Заключение по КК №ОДМиТК 1-14/9 от 13.01.2010г.	1
24	Протокол по ИМС №ОДМиТК-3-08/129 от 11.01.2010г.	1

**Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»**  
**“Балаковская атомная станция”**  
**ОДМнТК**  
**Энергоблок №1, ТО**  
**ПРОТОКОЛ**

От 27.01.2010г. № ОДМнТК-1-14/228  
Визуального и измерительного контроля.  
ПВД-6А 1RD21W01.

**1. ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ:** Подогреватель высокого давления ПВД-6А, тип ПВ 2500-97-18А, чертеж 08.8111.260сб. Технологическое обозначение 1RD21W01. Завод-изготовитель - “Красный котельщик”, г. Таганрог, зав. № 45441.

**2. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЯ:** Оценка состояния металла согласно п.п. 7.2.1./5.5.1., 7.2.2./5.5.2., 7.2.3./5.5.3., 7.2.4./5.5.3., 7.2.5./5.5.4., 7.2.6./5.5.4., 7.2.7./5.5.4. «Рабочей программы...» РП.1.RD.ОДМ/17.

**3. МЕТОДЫ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЯ:** Визуальный и измерительный контроль согласно ПНАЭГ-7-016-89, АТПЭ-9-03 (приложение б), тех.карт. 1-4/ТЦ-726а, 1-4/ТЦ-726, ВК-2.

Контроль проведен с 28.12.09г. по 10.01.10г. с 8 до 15 часов.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-1-125-01, зав. № Т81328.

Освещенность в зоне обследования в соответствии с ПНАЭ Г-7-016-89.

3.1. Поверхность корпуса (с внутренней стороны), включая зону охлаждения, основной металл корпуса изнутри, в доступных местах в соответствии с картой контроля, материал обечайки, днища – 09Г2СШ, в объеме 100%.

3.2. Сварные соединения фланцев днищ с корпусом снаружи и изнутри, 3276х36, в доступных местах в соответствии с картой контроля в объеме 100%:

– №№ 1/1, 1/2, материал ст.20+09Г2СШ;

– №№ 2, 3, материал ст.20К-10+09Г2СШ.

3.3. Гибы коллекторов трубной системы, 325х32, №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, материал ст.20, в объеме 100%.

3.4. Участок напротив паровпуска в объеме 100%.

3.5. Сварные угловые соединения патрубков греющего пара, отвода и подвода питательной воды с корпусом в объеме 100%:

– №12 Ø426х14/S=36, материал ст.20+09Г2СШ;

– №№ 34/1, 34/2, S=36/530х28, материал 15ГС+09Г2СШ.

3.6. Сварное кольцевое соединение трубопровода греющего пара с патрубком, № 1/1, Ø 426х14, материал ст.20, черт. Б-802408сб, св.ф.408552 в объеме 100%.

3.7. Сварные кольцевые соединения трубопровода подвода питательной воды с патрубком №№ 72, 73, 530х28, материал ст.20, черт. Б-802630сб, св.ф.423577 в объеме 100%.

**4. РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ:** Проведен визуальный и измерительный контроль по п.п. 3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., 3.6., 3.7. настоящего протокола. Дефектов не обнаружено.

**5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

5.1. Визуальный и измерительный контроль выполнен в объеме п.п. 7.2.1./5.5.1., 7.2.2./5.5.2., 7.2.3./5.5.3., 7.2.4./5.5.3., 7.2.5./5.5.4., 7.2.6./5.5.4., 7.2.7./5.5.4. «Рабочей программы...» РП.1.RD.ОДМ/17. Дефектов не обнаружено.

И.о.начальника ОДМнТК  
Инженер ОДМнТК  
Лаборант ОДМнТК



Н.А.Кожевников  
Д.И.Лукин  
К.А.Земсков

**Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»**  
**“Балаковская атомная станция”**  
**ОДМиТК**  
**Энергоблок №1, ТО**  
**ПРОТОКОЛ**

От 04.02.2010 г. № ОДМиТК-1-14/632

Визуального и измерительного контроля.

ПВД-6А 1RD21W01.

**1. ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ:** Подогреватель высокого давления ПВД-6А, тип ПВ 2500-97-18А, чертеж 08.8111.260сб. Технологическое обозначение 4RD21W01. Завод-изготовитель - “Красный котельщик”, г. Таганрог, зав. № 45441.

**2. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЯ:** Оценка состояния металла согласно п.п. 7.2.8.1., 7.2.8.3., 7.2.8.4., 7.2.8.5., 7.2.8.6., 7.2.8.7. «Рабочей программы...» РП.1.RD.ОДМ/17.

**3. МЕТОДЫ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЯ:** Визуальный и измерительный контроль согласно ПНАЭГ-7-016-89, АТПЭ-9-03 (приложение 6).

Контроль проведен с 28.12.09 г. по 11.01.10 г. с 8 до 15 часов.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-1-125-01, зав. № Т81328.

Освещенность в зоне обследования в соответствии с ПНАЭ Г-7-016-89.

3.1. Внутренний кожух и накладные пластины в зоне ОК в объеме 100%.

3.2. Корпус в зоне КП, на отсутствие коррозионно-эрозионного износа с внутренней стороны, в объеме 100%.

3.3. Радиусные переходы фланцев – от уплотняющей поверхности к поверхности отверстий (с внешней стороны), в объеме 100%.

3.4. Крышка корпуса в месте примыкания к опорной стойке (с внешней стороны) в объеме 100%.

3.5. Поверхность нижнего днища между патрубками входа и выхода питательной воды, в объеме 100%.

3.6. Узлы крепления опорной стойки (крепежные отверстия), в объеме 100%.

**4. РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ:** Проведен визуальный и измерительный контроль.

4.1. По п. 3.1. настоящего протокола дефектов не обнаружено.

4.2. По п. 3.2. настоящего протокола, следов коррозионно-эрозионного износа не обнаружено.

4.3. По п. 3.3., 3.5., 3.6. настоящего протокола дефектов не обнаружено.

4.4. По п. 3.4. настоящего протокола крышка корпуса покрыта слоем краски. Контроль проводился по поверхности лакокрасочного покрытия, дефектов не обнаружено.

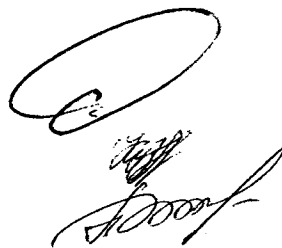
**5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

5.1. Визуальный и измерительный контроль выполнен в объеме п.п. 7.2.8.1., 7.2.8.3., 7.2.8.4., 7.2.8.5., 7.2.8.6., 7.2.8.7. «Рабочей программы...» РП.1.RD.ОДМ/17, дефектов не обнаружено.

Начальник ОДМиТК

Инженер ОДМиТК

Ст. мастер ОДМиТК



С.В.Якушев

Н.И.Кузнецова

П.В.Жидких



наименование организации проводившей контроль

по результатам ультразвукового измерения толщины

от « 12 » 01 2010 г.

дата пров. контр. « 11 » 01 2010 г.

идентификационные данные объекта контроля

наименование выполненного контроля

НТД на контрол и оценка на квалитетот

цель контроля п.7.2.8.8. РП.1.RD.ОДМ/17.

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

## результаты измерений

### Схема на обороте заключения

Артюхин В.Г.

Артюхин В.Г.  
должность, фамилия и инициалы, подпись

Жидких П.В.

должность, фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМитК

Фамилия и инициалы, подпись

С.В Якушев

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
Балаковская атомная станция  
энергоблок № 1

ОДМ и ТК  
наименование организации проводившей контроль

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
по результатам ультразвукового измерения толщины  
№ ОДМ- 1-14/3

Лист 2 Листов 2

от « 12 » 01 201 0 г.  
дата пров. контр. « 11 » 01 201 0 г.

1RD21W01. Подогреватель высокого давления (ПВД-6А). ПВ-2500-97-18А. ч.08.8111.260сб.  
Гибы коллекторов трубной системы.

идентификационные данные объекта контроля

Измерение толщины монометалла гибов.

наименование выполненного контроля

ПНАЭ Г-7-031-91, И №23СД-80, Расчет на прочность №ПВ 2500-97.080636.578.РР.  
НТД на контроль и оценку качества

марка стали Ст.20 погрешность ±0,2мм запись № 39 в журнале № ОДМ и ТК-2-21

цель контроля п.7.2.3./5.5.3. РП.1.RD.ОДМ/17, т.к. № 1-4/ТЦ-789.

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

тип прибора DM4E зав. № 01СЗТЗ тип ПЭП DA-301 зав. № 541

**результаты измерений**

№№	Типо-размер	Предельное значение	Сечение	обозначение точек результат измерения				оценка качества	примеч.
				1	2	3	4		
ГИБ 5	Ø325x32	19,2	А	33,8	33,2	34,9	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	33,5	32,9	34,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	33,8	31,5	33,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	33,9	28,6	33,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	33,7	29,0	32,0	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	33,6	31,8	33,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	33,4	30,8	33,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	32,5	31,2	32,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	33,0	32,6	33,4	-	соотв.	гиб
ГИБ 6	Ø325x32	19,2	А	35,9	33,5	34,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	35,5	33,6	33,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	34,7	30,9	34,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	35,5	31,3	34,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	34,6	29,8	33,3	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	34,0	30,5	34,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	34,4	32,3	33,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	34,9	33,5	34,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	35,6	33,4	34,8	-	соотв.	гиб
								Схема замеров на обороте л.2 заключения	

Контроль выполнил инженер

Артюхин В.Г.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

Руководитель работ ст. мастер

Жидких П.В.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

Проверил Высоцкий С.И.

Фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМ и ТК

С.В. Якушев

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
Балаковская атомная станция  
энергоблок № 1

ОДМ и ТК  
наименование организации проводившей контроль

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
по результатам ультразвукового измерения толщины  
№ ОДМ- 1-14/3

Лист 1

Листов 2

от « 12 » 01 201 0 г.  
дата пров. контр. « 11 » 01 201 0 г.

1RD21W01. Подогреватель высокого давления (ПВД-6А). ПВ-2500-97-18А. ч.08.8111.260сб.  
Гибы коллекторов трубной системы.

идентификационные данные объекта контроля

Измерение толщины монометалла гибов.

наименование выполненного контроля

ПНАЭ Г-7-031-91, И №23СД-80, Расчет на прочность № ПВ 2500-97.080636.578.РР.  
ИТД на контроль и оценку качества

марка стали Ст.20 погрешность ±0,2мм запись № 39 в журнале № ОДМ и ТК-2-21

цель контроля п.7.2.3./5.5.3. РП.1.RD.ОДМ/17, т.к. № 1-4/ТЦ-789.

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

тип прибора DM4E зав. № 01С3Т3 тип ПЭП DA-301 зав. № 541

**результаты измерений**

№№	Типо-размер	Предельное значение	Сечение	обозначение точек				оценка качества	примеч.
				результат измерения					
				1	2	3	4		
ГИБ 1	Ø325х32	19,2	А	34,2	33,0	34,4	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	32,1	32,3	33,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	32,5	30,9	33,4	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	33,2	31,6	33,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	33,8	30,6	33,0	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	33,2	30,1	33,9	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	33,3	32,0	33,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	33,8	33,1	33,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	34,6	33,8	33,8	-	соотв.	гиб
ГИБ 2	Ø325х32	19,2	А	33,6	31,4	34,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	31,8	30,8	34,4	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	33,6	30,1	35,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	31,2	31,0	35,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	31,4	31,1	36,1	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	32,5	30,6	34,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	31,7	33,3	35,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	33,3	34,2	35,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	33,8	34,6	35,2	-	соотв.	гиб
ГИБ 3	Ø325х32	19,2	А	34,5	32,2	35,4	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	34,0	31,9	35,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	34,0	30,0	35,1	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	33,6	30,0	34,4	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	33,0	29,9	33,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	34,8	29,7	35,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	34,5	29,8	35,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	35,2	32,6	34,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	35,5	32,6	35,2	-	соотв.	гиб
ГИБ 4	Ø325х32	19,2	А	35,8	37,2	36,4	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	36,0	36,9	36,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	35,8	34,2	36,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	35,1	33,1	36,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	34,9	32,2	36,1	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	35,7	32,9	36,1	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	35,9	33,5	36,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	36,6	35,7	36,1	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	36,4	36,2	36,5	-	соотв.	гиб

Контроль выполнил инженер

Артюхин В.Г.  
должность, Фамилия и инициалы, подпись

Руководитель работ ст. мастер

Жидких П.В.  
должность, Фамилия и инициалы, подпись

Проверил Высоцкий С.И.  
Фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМ и ТК

С.В. Якушев

энергоблок № 1  
ОДМТК  
наименование организации проводившей контроль

по результатам ультразвукового измерения толщины  
№ ОДМТК- 1-14/15

от « 14 » 01 201 0 г.  
дата пров.контр. « 14 » 01 201 0 г.

ПВД-6А, 1RD21W01, ч. 08.8111.260 сб. Корпус в месте патрубка подвода греющего пара на расстоянии 500мм от  
углового сварного соединения.

### Измерение толщины монометалла корпуса.

ПНАЭ Г-7-031-91, ТУ ЭО 0078-98.

марка стали ст. 20 погрешность  $\pm 0,2\text{мм}$  запись № 41 в журнале № 2-21

цель контроля п.7.2.8.2. РП.1.RD.ОДМ/17.

тип прибора DM4E зав. № 01СЗТЗ тип ПЭП DA-301 Зав. № 513

### результаты измерений

[illegible]

Контроль выполнил инженер

Артюхин В.Г.  
должность, Фамилия и инициалы, подпись

Руководитель работ ст. мастер

Жидких П.В.  
должность, Фамилия и инициалы, подпись

Проверил Высоцкий С.И.   
Фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМитК

С.В. Якушев

энергоблок № 1

наименование организации проводившей контроль

по результатам ультразвукового измерения толщины

ОТ « 14 » 01 201 0 г.

дата пров.контр. « 14 » 01 201 0 г.

идентификационные данные объекта контроля

наименование выполненного контроля

НТД на контрол и оценка на квалитетот

цель контроля п.7.2.8.3. РП.1.RD.ОДМ/17.

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

### результаты измерений

Схема замеров на обороте заключения

Артюхин В.Г.

должность, фамилия и инициалы, подпись

Жидких П.В.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМитК

Фамилия и инициалы, подпись

С.В. Якушев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМиТК 1-14/10 от 13.01.2010 г.  
номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-6А. 1RD21W01. Сварное кольцевое соединение трубопровода греющего пара с патрубком. ч.Б-802408сб, св.ф.408552 «Красный котельщик» г.Таганрог  
объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПНАЭГ-7-010-89

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали Ст20

Категория ШБ

Цель контроля: п.7.2.6/5.5.4 РП.1.RD.ОДМ/17

т.к.№ 1-4/ТЦ-700 л.3

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
1/1	Ø426x14	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	17	

Контроль выполнил дефектоскопист

должность

Желтиков В.И.

Фамилия и инициалы

Руководитель работ:

ст. мастер

должность

Жидких П.В.

Фамилия и инициалы

Начальник ОДМиТК

С.В. Якушев

подпись

166-09

Неудовольствия

подпись

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМТК 1-14/11 от 13.01.2010 г.  
номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-6А. 1RD21 W01. Сварные угловые соединения патрубков отвода и подвода питательной воды с корпусом, снаружи и изнутри. ч.Б-08.8111.260сб. «Красный котельщик» г. Таганрог

объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК 1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали 15ГС+09Г2СШ

Категория ШБ

Цель контроля: п.7.2.5/5.5.4 РП.1.RD.ОДМ/17

т.к. № 1-4/ТЦ-700 л.2

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
34/1	S=36/Ø530x28	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	18	
34/2	S=36/Ø530x28	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	

Контроль выполнил дефектоскопист  
должность

Желтиков В.И.  
Фамилия и инициалы

Руководитель работ: ст. мастер  
должность

Жидких П.В.  
Фамилия и инициалы

Начальник ОДМТК

С.В. Якушев

подпись

166-09

Неудостоверения

подпись

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМТК 1-14/12 от 13.01.2010 г.

номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-6А. ч. 08.8111.260сб. 1RD21W01. Сварные соединения фланцев, днищ с корпусом снаружи и изнутри.

«Красный котельщик» г. Таганрог

объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали (ст20+09Г2СШ)(ст20К-10+09Г2СШ)

Категория

ШБ

Цель контроля: п.7.2.2/5.5.2 РП.1.RD.ОДМ/17

т.к.№ 1-4/ТЦ-700 л.1

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
1/1	3276х36	10%	Дефектов не обнаружено	удовл.	19	Ст.20+09Г2СШ
1/2	3276х36	10%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	Ст.20+09Г2СШ
2	3276х36	10%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	Ст.20К-10+09Г2СШ
3	3276х36	10%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	Ст.20К-10+09Г2СШ

Контроль выполнил дефектоскопист

Сафронов В.К.

должность

Фамилия и инициалы

подпись

128-08

Неудовлетворения

Руководитель работ:

ст. мастер

Жидких П.В.

должность

Фамилия и инициалы

подпись

Начальник ОДМТК

С.В. Якушев



ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМиТК 1-14/13 от 13.01.2010 г.

номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-6А. 1RD21W01. Сварные кольцевые соединения трубопровода подвода питательной воды с патрубком. ч.Б-802630сб, св.ф.423577 «Красный котельщик» г.Таганрог

объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК 1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали ст20

Категория IIIА

Цель контроля: п.7.2.7/5.5.4 РП.1.RD.ОДМ/17

т.к.№ 1-4/ТЦ-700 л.3

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
72	Ø530x28	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	20	
73	Ø530x28	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	

Контроль выполнил дефектоскопист  
должность

Дрожжин С.П.  
Фамилия и инициалы

91409  
подпись Неуположения

Руководитель работ: ст. мастер  
должность

Жидких П.В.  
Фамилия и инициалы

подпись

Начальник ОДМиТК

С.В. Якушев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМиТК 1-14/14 от 13.01.2010 г.

номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-6А. 1RD21W01. Сварное угловое соединения патрубка греющего пара с корпусом. ч.Б-08.8111.260сб. «Красный котельщик» г. Таганрог  
объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК 1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали Ст20+09Г2СШ

Категория ШБ

Цель контроля: п.7.2.5/5.5.4 РП.1.RD.ОДМ/17

Т.К. № 1-4/ТЦ-700 Л.2

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
12	Ø426x14/ S=36	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	21	

Контроль выполнил дефектоскопист

Желтиков В.И.

должность

Фамилия и инициалы

166-09

подпись

№ удостоверения

Руководитель работ: ст. мастер

должность

Жидких П.В.

Фамилия и инициалы

подпись

Начальник ОДМиТК

С.В. Якушев

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
«Балаковская атомная станция»

**ПРОТОКОЛ № ОДМнТК-3-08/ 128**  
**измерения твердости металла**  
от 11 января 2010 г.

Подогреватель высокого давления ПВД-6А, ПВД-2500-97-18А, 1RD21W01, черт. 08.8111.260сб,  
завод-изготовитель «Красный котельщик» г. Таганрог, зав. № 45441. Корпус в месте патрубка  
подвода греющего пара на расстоянии 500мм от углового сварного соединения.  
наименование оборудования, № чертежа, детали, количество деталей контролируемой партии

Метод контроля МІС 10 DL по ГОСТ 9012-59  
тип прибора, № ГОСТа на метод  
Цель контроля п. 7.2.8.2. РП.1.RD.ОДМ/17  
документ, по которому проводится оценка качества

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ**

Место испытания	Марка стали	Твердость металла, НВ	Механические свойства			
			R <sub>m</sub> , МПа	R <sub>p0,2</sub> МПа	A <sub>5</sub> %	Z %
корпус	09Г2СШ	152	528,6	342,9	21,4	66,2
		151	525,2	338,9	21,6	66,3
		150	522,5	335,9	21,7	66,5

Определение характеристик механических свойств металла произведено по измеренным значениям твердости в соответствии с требованиями «Инструкции по определению механических свойств металла оборудования атомных станций безобразцовыми методами по характеристикам твердости» (РД ЭО 0027-2005).

Инженер ОДМ

  
подпись

Лукин Д.И.

расшифровка подписи

Начальник ОДМ

  
подпись

С.В.Якушев

расшифровка подписи

**Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
“Балаковская атомная станция”  
ОДМиТК  
Энергоблок №1, ТО  
ПРОТОКОЛ**

От 04.02.2010 г. № ОДМиТК-1-14/633  
Визуального и измерительного контроля.  
ПВД-7А 1RD11W01.

**1. ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ:** Подогреватель высокого давления ПВД-7А, тип ПВ 2500-97-28А, чертеж 08.8111.264сб Технологическое обозначение 1RD11W01. Завод-изготовитель - “Красный котельщик”, г. Таганрог, зав. № 45442.

**2. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЯ:** Оценка состояния металла согласно п.п. 7.1.8.1., 7.1.8.3., 7.1.8.4., 7.1.8.5., 7.1.8.6., 7.1.8.7. «Рабочей программы...» РП.1.RD.ОДМ/17.

**3. МЕТОДЫ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЯ:** Визуальный и измерительный контроль согласно ПНАЭГ-7-016-89, АТПЭ-9-03 (приложение 6).

Контроль проведен с 28.12.09 г. по 05.01.10 г. с 8 до 15 часов.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-1-125-01, зав. № Т81328.

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

3.1. Внутренний кожух и накладные пластины в зоне ОК в объеме 100%.

3.2. Корпус в зоне КП, на отсутствие коррозионно-эрозионного износа с внутренней стороны, в объеме 100%.

3.3. Радиусные переходы фланцев – от уплотняющей поверхности к поверхности отверстий (с внешней стороны), в объеме 100%.

3.4. Крышка корпуса в месте примыкания к опорной стойке (с внешней стороны) в объеме 100%.

3.5. Поверхность нижнего днища между патрубками входа и выхода питательной воды, в объеме 100%.

3.6. Узлы крепления опорной стойки (крепежные отверстия), в объеме 100%.

**4. РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ:** Проведен визуальный и измерительный контроль.

4.1. По п. 3.1. настоящего протокола дефектов не обнаружено.

4.2. По п. 3.2. настоящего протокола, следов коррозионно-эрозионного износа не обнаружено.

4.3. По п.п. 3.3., 3.5., 3.6. настоящего протокола дефектов не обнаружено.

4.4. По п. 3.4. настоящего протокола крышка корпуса покрыта слоем краски. Контроль проводился по поверхности лакокрасочного покрытия, дефектов не обнаружено.

**5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

5.1. Визуальный и измерительный контроль выполнен в объеме п.п. 7.1.8.1., 7.1.8.3., 7.1.8.4., 7.1.8.5., 7.1.8.6., 7.1.8.7. «Рабочей программы...» РП.1.RD.ОДМ/17, дефектов не обнаружено.

Начальник ОДМиТК

Ст. мастер ОДМиТК

Инженер ОДМиТК

С.В. Якушев

П.В. Жидких

Н.И. Кузнецова

**Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»**  
**“Балаковская атомная станция”**  
**ОДМиТК**  
**Энергоблок №1, ТО**  
**ПРОТОКОЛ**

От 22 01.2010г. № ОДМиТК- 1-14/229  
Визуального и измерительного контроля.  
ПВД-7А 1RD11W01.

**1. ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ:** Подогреватель высокого давления ПВД-7А, тип ПВ 2500-97-28А, чертеж 08.8111.264сб Технологическое обозначение 1RD11W01. Завод-изготовитель - “Красный котельщик”, г. Таганрог, зав. № 45442.

**2. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЯ:** Оценка состояния металла согласно п.п. 7.1.1./5.5.1., 7.1.2./5.5.2., 7.1.3./5.5.3., 7.1.4./5.5.3., 7.1.5./5.5.4., 7.1.6./5.5.4., 7.1.7./5.5.4. «Рабочей программы...» РП.1.RD.ОДМ/17.

**3. МЕТОДЫ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЯ:** Визуальный и измерительный контроль согласно ПНАЭГ-7-016-89, АТПЭ-9-03 (приложение 6), тех.карт 1-4/ТЦ-726а, 1-4/ТЦ-726, ВК-2.

Контроль проведен с 28.12.09г. по 10.01.10г. с 8 до 15 часов.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-1-125-01, зав. № Т81328.

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

3.1. Поверхность корпуса (с внутренней стороны), включая зону охлаждения, основной металл корпуса изнутри в доступных местах в соответствии с картой контроля, материал обечайки, днища – 09Г2СШ, в объеме 100%.

3.2. Сварные соединения фланцев, днищ с корпусом снаружи и изнутри, 3276х36, в доступных местах в соответствии с картой контроля в объеме 100%:

– №№ 1/1, 1/2, материал ст.20+09Г2СШ;

– №№ 2, 3, материал ст.20К-10+09Г2СШ.

3.3. Гибы коллекторов трубной системы, 325х32, №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, материал ст.20, в объеме 100%.

3.4. Участок напротив паровпуска в объеме 100%.

3.5. Сварные угловые соединения патрубков греющего пара, отвода и подвода питательной воды с корпусом в объеме 100%:

– №13 325х27,6/50, материал ст.20+09Г2СШ;

– №№ 34/1, 34/2 S=50/530х50, материал 15ГС+09Г2СШ.

3.6. Сварное кольцевое соединение трубопровода греющего пара с патрубком, № 32, 325х13, материал ст.20, черт. Б-802632сб, св.ф.423578 в объеме 100%.

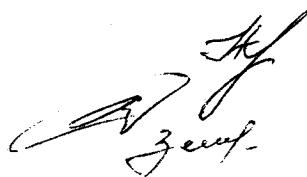
3.7. Сварные кольцевые соединения трубопровода подвода питательной воды с патрубком №№ 79, 80, 530х28, материал 15ГС, черт. Б-802630сб, св.ф.423577 в объеме 100%.

**4. РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ:** Проведен визуальный и измерительный контроль по п.п. 3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., 3.6., 3.7. настоящего протокола. Дефектов не обнаружено.

**5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

5.1. Визуальный и измерительный контроль выполнен в объеме п.п. 7.1.1./5.5.1., 7.1.2./5.5.2., 7.1.3./5.5.3., 7.1.4./5.5.3., 7.1.5./5.5.4., 7.1.6./5.5.4., 7.1.7./5.5.4. «Рабочей программы...» РП.1.RD.ОДМ/17. Дефектов не обнаружено.

И.о.начальника ОДМиТК  
Инженер ОДМиТК  
Лаборант ОДМиТК



Н.А.Кожевников  
Д.И.Лукин  
К.А.Земсков

наименование организации проводившей контроль

дата пров. контр. « 11 » 01 201 0 г.

НТД на контрол и оценка на качеството

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

С.В Якушев

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
Балаковская атомная станция  
энергоблок № 1

ОДМ и ТК  
наименование организации проводившей контроль

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
по результатам ультразвукового измерения толщины

Лист 2 Листов 2

№ ОДМ- 1-14/4

от « 12 » 01 201 0 г.  
дата пров. контр. « 11 » 01 201 0 г.

1RD11W01. Подогреватель высокого давления (ПВД-7А). ПБ-2500-97-28А. ч.08.8111.264сб.  
Гибы коллекторов трубной системы.

идентификационные данные объекта контроля

Измерение толщины монометалла гибов.

наименование выполненного контроля

ПНАЭ Г-7-031-91, И №23СД-80, Расчет на прочность №ПВ 2500-97.080636.578.РР.  
ИТД на контроль и оценку качества

марка стали Ст.20 погрешность  $\pm 0,2\text{мм}$  запись № 40 в журнале № ОДМ и ТК-2-21

цель контроля п.7.1.3./5.5.3. РП.1.RD.ОДМ/17, т.к. № 1-4/ТЦ-789.

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

тип прибора DM4E зав. № 01СЗТЗ тип ПЭП DA-301 зав. № 541

**результаты измерений**

№№	Типо-размер	Предельное значение	Сечение	обозначение точек				оценка качества	примеч.
				результат измерения					
				1	2	3	4		
ГИБ 5	Ø325x32	19,2	А	34,2	34,6	33,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	34,0	34,4	33,9	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	33,7	31,8	33,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	32,7	29,1	33,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	32,0	28,6	33,1	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	32,7	28,8	33,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	32,3	29,9	33,9	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	32,8	32,0	34,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	33,6	32,4	34,2	-	соотв.	гиб
ГИБ 6	Ø325x32	19,2	А	34,2	33,6	34,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	33,8	32,6	33,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	33,7	30,6	33,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	33,7	31,4	33,1	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	33,3	30,1	32,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	33,8	30,4	33,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	34,1	29,7	33,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	34,6	32,0	33,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	34,8	33,2	34,4	-	соотв.	гиб
								Схема замеров на обороте л.2 заключения	

Контроль выполнил инженер

Артюхин В.Г.  
должность, Фамилия и инициалы, подпись

Руководитель работ ст. мастер

Жидких П.В.  
должность, Фамилия и инициалы, подпись

Проверил Высоцкий С.И.  
Фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМ и ТК

С.В. Якушев

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
Балаковская атомная станция  
энергоблок № 1

ОДМ и ТК

наименование организации проводившей контроль

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лист 1

Листов 2

по результатам ультразвукового измерения толщины

№ ОДМ- 1-14/4

от « 12 » 01 201 0 г.

дата пров. контр. « 11 » 01 201 0 г.

IRD11W01. Подогреватель высокого давления (ПВД-7А). ПВ-2500-97-28А. ч.08.8111.264сб.

Гибы коллекторов трубной системы.

идентификационные данные объекта контроля

Измерение толщины монометалла гибов.

наименование выполненного контроля

ПНАЭ Г-7-031-91, И №23СД-80, Расчет на прочность № ПВ 2500-97.080636.578.РР.

ИТД на контроль и оценку качества

марка стали Ст.20 погрешность  $\pm 0,2\text{мм}$  запись № 40 в журнале № ОДМ и ТК-2-21

цель контроля п.7.1.3/5.5.3. РП.1.RD.ОДМ/17, т.к. № 1-4/ТЦ-789.

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

тип прибора DM4E зав. № 01СЗТЗ тип ПЭП DA-301 зав. № 541

## результаты измерений

№№	Типо-размер	Предельное значение	Сечение	обозначение точек				оценка качества	примеч.
				результат измерения					
				1	2	3	4		
ГИБ 1	Ø325x32	19,2	А	34,4	32,1	34,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	34,2	30,8	34,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	34,6	29,7	34,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	34,4	29,5	33,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	32,9	28,5	33,9	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	33,1	28,9	34,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	33,7	29,4	36,0	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	34,3	31,9	35,2	-	соотв.	гиб
ГИБ 2	Ø325x32	19,2	А	34,8	32,2	35,0	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	35,7	36,0	34,4	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	35,5	36,3	34,0	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	35,9	33,1	34,0	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	35,3	32,4	34,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	34,3	33,9	33,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	34,6	33,0	33,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	34,2	33,1	34,9	-	соотв.	гиб
ГИБ 3	Ø325x32	19,2	А	34,4	34,8	34,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	34,2	34,4	34,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	34,2	32,4	35,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	32,7	31,4	35,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	33,3	30,3	35,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	33,7	29,9	34,7	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	32,7	28,2	34,0	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	33,1	28,6	35,3	-	соотв.	гиб
ГИБ 4	Ø325x32	19,2	Ж	34,1	29,4	35,0	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	34,6	30,6	33,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	34,8	32,0	34,5	-	соотв.	гиб
	Ø325x32	19,2	А	34,2	33,4	34,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Б	33,7	33,5	33,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	В	32,6	31,2	34,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Г	32,7	30,4	34,8	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Д	32,3	31,3	33,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Е	33,9	31,1	33,5	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	Ж	33,9	32,3	33,9	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	И	33,7	33,4	33,2	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	34,2	33,2	34,6	-	соотв.	гиб
	-//-	-//-	К	34,2	33,2	34,6	-	соотв.	гиб

Контроль выполнил инженер

Артюхин В.Г.

должность, фамилия и инициалы, подпись

Руководитель работ ст. мастер

Жидких П.В.

должность, фамилия и инициалы, подпись

Проверил Высоцкий С.И.

фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМ и ТК

С.В. Якушев

подпись



Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
«Балаковская атомная станция»  
энергоблок № 1

ОДМитК  
наименование организации проводившей контроль

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам ультразвукового измерения толщины  
№ ОДМитК- 1-14/16

от « 14 » 01 201 0 г.  
дата пров.контр. « 14 » 01 201 0 г.

ПВД-7А, 1RD11W01, ч. 08.8111.264 сб. Корпус в месте патрубка подвода греющего пара на расстоянии 500мм от  
углового сварного соединения.

идентификационные данные объекта контроля

Измерение толщины монометалла корпуса.

наименование выполненного контроля

ПНАЭ Г-7-031-91, Расчет на прочность 08.0636.534.2РР.

НТД на контроль и оценку качества

марка стали ст. 20 погрешность  $\pm 0,2\text{мм}$  запись № 42 в журнале № 2-21

цель контроля п.7.1.8.2. РП.1.RD.ОДМ/17.

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

тип прибора DM4E зав. № 01СЗТЗ тип ПЭП DA-301 Зав. № 513

### результаты измерений

№ уч-ка	Типо - размер	Пре- дельное значе- ние	обозначение точек результат измерения											оценка качества	Примеч.
			1	2	3	4	5	6	7	8	-	-	-		
			48,6	47,9	48,8	48,4	47,9	48,2	48,0	48,5	-	-	-		
Корпус вокруг патрубка	$\delta=50,0$	40,08												соотв.	
														Схема замеров на обороте заклЮчения	

Контроль выполнил инженер

Артюхин В.Г.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

Руководитель работ ст. мастер

Жидких П.В.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

Проверил Высоцкий С.И.

Фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМитК

С.В. Якушев

энергоблок № 1  
ОДМТК  
наименование организации проводившей контроль

по результатам ультразвукового измерения толщины  
№ ОДмиТК- 1-14/18

от « 14 » 01 201 0 г.  
дата пров.контр. « 14 » 01 201 0 г.

идентификационные данные объекта контроля

наименование выполненного контроля

НТД на контрол и оценка на качеството

цель контроля п.7.1.8.3. РП.1.RD.ОДМ/17.

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

тип прибора DM4E зав. № 01СЗТЗ тип ПЭП DA-301 Зав. № 513

### результаты измерений

№ уч-ка	Типо - размер	Пре- дельное значе- ние	Сеч.	результаты измерений										оценка качества	Примеч.
				обозначение точек результат измерения											
				1	2	3	4								
Зона КП	$\delta=50,0$	40,08	A	47,9	47,8	48,3	47,2	-	-	-	-	-	-	соотв.	
	-//-	-//-	B	48,4	48,0	47,8	48,2	-	-	-	-	-	-	соотв.	
<div style="text-align: right;">Схема замеров на обороте заключения</div>															

Артюхин В.Г.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

Жидких П.В.

должность, Фамилия и инициалы, подпись

Фамилия и инициалы, подпись

Начальник ОДМитК

**ПОДПИСИ**

С.В. Якушев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМТК 1-14/5 от 13.01.2010 г.

номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-7А. ч. 08.8111.264сб. 1RD11W01. Сварные соединения  
фланцев, днищ с корпусом снаружи и изнутри. «Красный котельщик» г. Таганрог  
объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали см. примечание

Категория ШБ

Цель контроля: п.7.1.2/5.5.2 РП.1.RD.ОДМ/17

Т.к. № 1-4/ТЦ-700 л.1

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
1/1	3276x36	10%	Дефектов не обнаружено	удовл.	12	Ст.20+09Г2СШ
1/2	3276x36	10%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	Ст.20+09Г2СШ
2	3276x36	10%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	Ст.20К-10+ 09Г2СШ
3	3276x36	10%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	Ст.20К-10+ 09Г2СШ

Контроль выполнил дефектоскопист

Горин А.С.

должность

Фамилия и инициалы

Руководитель работ:

ст. мастер

Жидких П.В.

должность

Фамилия и инициалы

Начальник ОДМТК

С.В. Якушев

956-09

подпись

№ удостоверения

подпись

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМіТК 1-14/6 от 13.01.2010 г.  
номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-7А. 1RD11W01. Сварное кольцевое соединение трубопровода греющего пара с патрубком. ч.Б-802632сб, св.ф.423578 «Красный котельщик» г.Таганрог  
объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК 1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали Ст20

Категория ШВ

Цель контроля: п.7.1.6/5.5.4 РП.1.RD.ОДМ/17

т.к.№ 1-4/ТЦ-700 л.3

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
32	Ø325x13	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	13	

Контроль выполнил дефектоскопист

Желтиков В.И.

должность

Фамилия и инициалы

Руководитель работ: ст. мастер

должность

Жидких П.В.

Фамилия и инициалы

Начальник ОДМіТК

С.В. Якушев

166-09

Неудовлетворения

подпись

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМ и ТК 1-14/7 от 13.01.2010 г.  
номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-7А. 1RD11W01. Сварное угловое соединения патрубков греющего пара с корпусом. ч.Б-08.8111.264сб. «Красный котельщик» г.Таганрог  
объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК 1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали Ст20+09Г2СН

Категория ШБ

Цель контроля: п.7.1.5/5.5.4 РП.1.RD.ОДМ/17

т.к.№ 1-4/ТЦ-700 л.2

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
13	Ø325x27,6 /S=50	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	14	

Контроль выполнил дефектоскопист

Желтиков В.И.

166-09

должность

Фамилия и инициалы

подпись

подтверждения

Руководитель работ: ст. мастер

Жидких П.В.

должность

Фамилия и инициалы

подпись

Начальник ОДМ

С.В. Якушев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМиТК 1-14/8 от 13.01.2010 г.  
номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-7А. 1RD11W01. Сварные угловые соединения патрубков отвода и подвода питательной воды с корпусом. ч.Б-08.8111.264сб. «Красный котельщик» г.Таганрог  
объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК 1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю; документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали 15ГС+09Г2СШ

Категория ШБ

Цель контроля: п.7.1.5/5.5.4 РП.1.RD.ОДМ/17

т.к.№ 1-4/ТЦ-700 л.2

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соедин. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
34/1	S=50/Ø530x50	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	15	
34/2	S=50/Ø530x50	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	

Контроль выполнил дефектоскопист  
должность

Желтиков В.И.  
Фамилия и инициалы

166-09

Руководитель работ: ст. мастер  
должность

Жидких П.В.  
Фамилия и инициалы

подпись

Начальник ОДМиТК

С.В. Якушев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № ОДМТК 1-14/9 от 13.01.2010 г.  
номер и дата регистрации

о капиллярном контроле сварных соединений

Подогреватель высокого давления. ПВД-7А. 1RD11W01. Сварные кольцевые соединения трубопровода подвода питательной воды с патрубком. ч.Б-802630сб, св.ф.423577 «Красный котельщик»  
г. Таганрог

объект контроля (наименование (шифр) или обозначение), зона контроля, номер чертежа (схемы), завод-изготовитель

ПНАЭГ-7-018-89, ПК 1514-72

наименование и номер инструкции (методики) по контролю, документ по которому проводится оценка качества

Метод контроля КК (цветной)

Марка стали 15ГС

Категория IIA

Цель контроля: п.7.1.7/5.5.4 РП.1.RD.ОДМ/17

т.к. № 1-4/ТЦ-700 л.3

Набор дефектоскопических материалов OVERCHECK RED/CLEANER/WHITE концерна CHEMETALL

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

Номер св. соед. (наплавки) по чертежу (схеме)	Типоразмер (толщина), мм	Объем контроля, %	Основные характеристики выявленных отклонений от установленных требований, их размеры и координаты	Заключение о результатах контроля	Номер записи в журнале контроля № ОДМ 2-15	Примечание
79	Ø530x28	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	16	
80	Ø530x28	100%	Дефектов не обнаружено	удовл.	-//-	

Контроль выполнил дефектоскопист

должность

Дрожжин С.П.

Фамилия и инициалы

Руководитель работ: ст. мастер

должность

Жидких П.В.

Фамилия и инициалы

914-09

подпись Неудовлетворения

подпись

Начальник ОДМТК

С.В. Якушев

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом»  
«Балаковская атомная станция»

**ПРОТОКОЛ № ОДМнТК-3-08/129**  
**измерения твердости металла**  
от 11 января 2010 г.

Подогреватель высокого давления ПВД-7А, ПВ-2500-97-28А, 1RD11W01, черт. 08.8111.264сб,  
завод-изготовитель «Красный котельщик» г.Таганрог, зав.№ 45442. Корпус в месте патрубка  
подвода греющего пара на расстоянии 500мм от углового сварного соединения.  
наименование оборудования, № чертежа, детали, количество деталей контролируемой партии

Метод контроля МІС 10 DL по ГОСТ 9012-59  
тип прибора, №ГОСТа на метод

Цель контроля п. 7.1.8.2. РП.1.RD.ОДМ/17  
документ, по которому проводится оценка качества

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ**

Место испытания	Марка стали	Твердость металла, НВ	Механические свойства			
			R <sub>m</sub> , МПа	R <sub>p0,2</sub> МПа	A <sub>5</sub> %	Z %
корпус	09Г2СШ	146	511,1	322,5	22,3	67,1
		153	529,3	343,7	21,4	66,1
		148	514,8	326,8	22,1	66,9

Определение характеристик механических свойств металла произведено по измеренным значениям твердости в соответствии с требованиями «Инструкции по определению механических свойств металла оборудования атомных станций безобразцовыми методами по характеристикам твердости» (РД ЭО 0027-2005).

Инженер ОДМ

подпись

Лукин Д.И.

расшифровка подписи

Начальник ОДМ

подпись

С.В.Якушев

расшифровка подписи





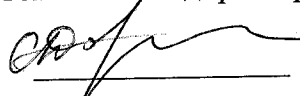
**ПРЕДПРИЯТИЕ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ «РЕСУРС»**

394052, г. Воронеж, ул. Матросова, 127, тел./факс: (4732)71-37-71, e-mail: mail@resurs.vrn.ru

Лицензия Ростехнадзора России №ДО-03-101-1239. Срок действия лицензии – по 30.05.2012 г.

«Утверждаю»

Технический директор ООО «Ресурс»


  
С.Н. Доронкин  
« 17 » 03 2010

Поверочный расчет на прочность № 243/12-09-Р.1.  
Подогревателей высокого давления (тип ПВ-2500-97-18А):  
рег. №294А зав.№ 45441, рег.№ 295А зав.№ 45444  
(оперативные наименования ПВД-6А, 6Б)

Разработал:  
Ведущий эксперт, к.т.н.  
ООО «Ресурс»

  
(подпись) С.Г. Фиш

Инженер  
ООО «Ресурс»


  
(подпись) А.В. Милютин

Инженер  
ООО «Ресурс»

  
(подпись) С.И. Ткачев

Проверил:

Начальник отдела  
экспертизы оборудования АЭС  
ООО «Ресурс»

  
(подпись) В.А. Адамов

г. Воронеж, 2010

## 1. Вводная часть

**1.1.** Задачей настоящего поверочного расчета на прочность подогревателей высокого давления ПВД-6А,6Б является проверка условий статической, циклической (с учетом повреждаемости от всех эксплуатационных нагрузок) и сейсмической прочности при работе на паспортных параметрах на продлеваемый срок службы 30 лет.

**1.2.** Расчет выполнен в соответствии с ПНАЭ Г-7-002-86, и включает следующие разделы:

- расчет на статическую прочность в стационарном режиме, включая тепловой расчет;
- расчет на статическую прочность в режиме ГИ;
- расчет на сейсмическую прочность (НУЭ+ПЗ);
- расчет шпилек главного разъёма с учетом сейсмической нагрузки;
- расчет на циклическую прочность;
- расчет коэффициента повреждаемости.

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

- на устойчивость (в связи с отсутствием наружного давления и общих сжимающих нагрузок) (п.5.5);
- на длительную циклическую прочность, так как рабочая температура ниже температуры начала ползучести (п.5.7);
- на хрупкую прочность, так как рассчитываемые подогреватели высокого давления не находятся под воздействием нейтронного облучения интенсивностью более  $10^{22}$  нейтр./м<sup>2</sup> 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 неравномерных температурных нагрузок по длине элементов подогревателей высокого давления (п.5.10.1);
- на вибропрочность поскольку действующие вибрационные нагрузки на подогреватели высокого давления незначительны.
- для режимов срабатывания АЗ, изменения мощности реактора, аварийной ситуации т.к. данные режимы не заложены в технической и эксплуатационной документации на изделие и имевшие место нарушения режимов эксплуатации на блоке в целом (с момента пуска до настоящего времени) не могли оказать влияния на прочность подогревателей высокого давления.

## 2. Определение механических характеристик материала

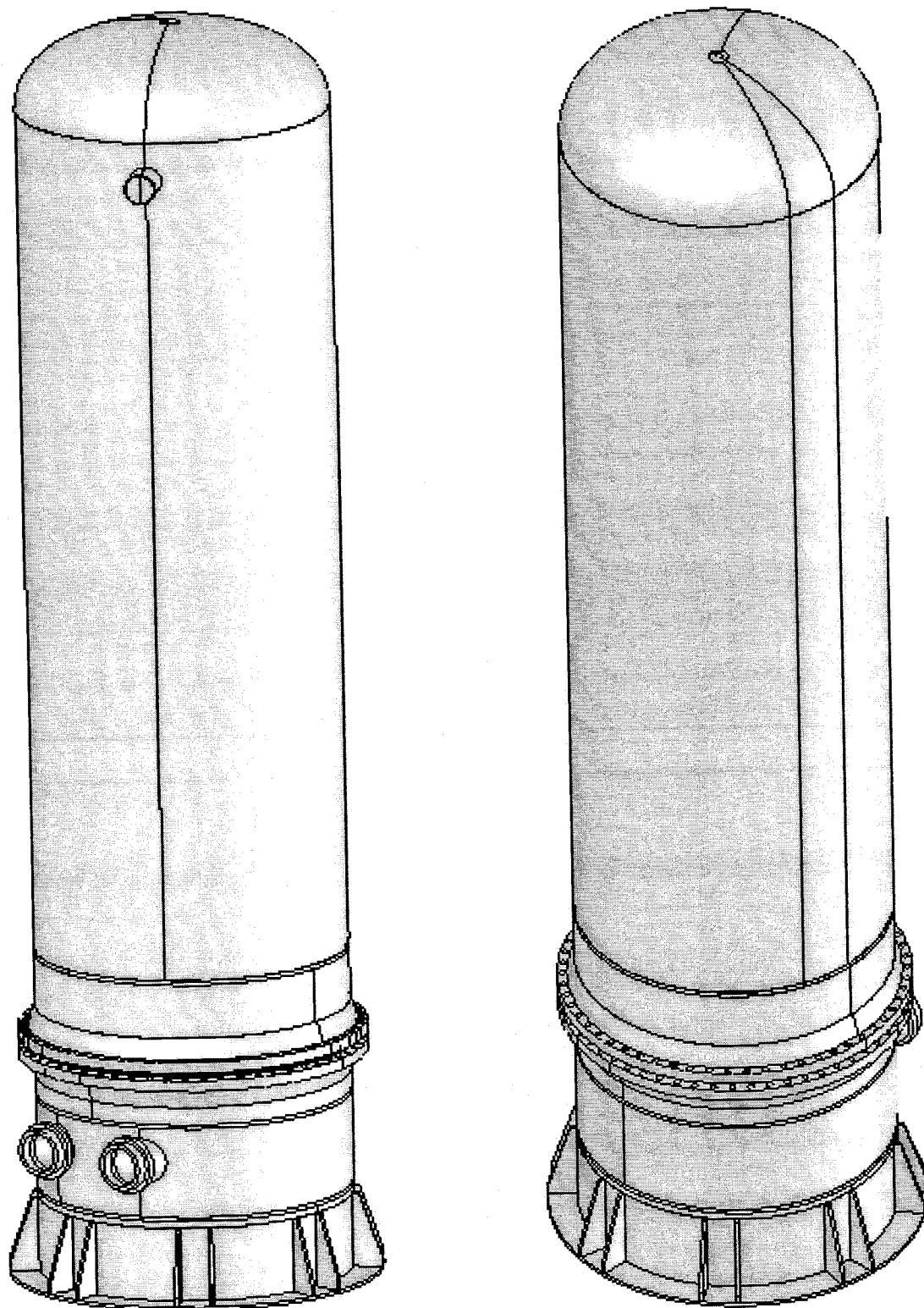
Материал корпусных деталей - сталь 09Г2С-Ш по ТУ 14-1-2072-77, материал трубной системы - колена, трубы, доньшки - сталь 20 по ГОСТ 1050-74; стаканы коллекторов - сталь 16ГС по ГОСТ 8479-70. Максимальная рабочая температура для корпуса 216°C.

Характеристики материала	Сталь 20	Сталь 16ГС	Сталь 09Г2С-Ш
Rm, МПа	373	392	432
Re (Rp0,2), МПа	196	216	216
$\mu$	0,3	0,3	0,3
$E \cdot 10^6$ , МПа	187000	186000	186000
Z, %	38	39	40
$\alpha \cdot 10^6$ , 1/°C	12,8	12,7	12,7
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	7800	7800	7800

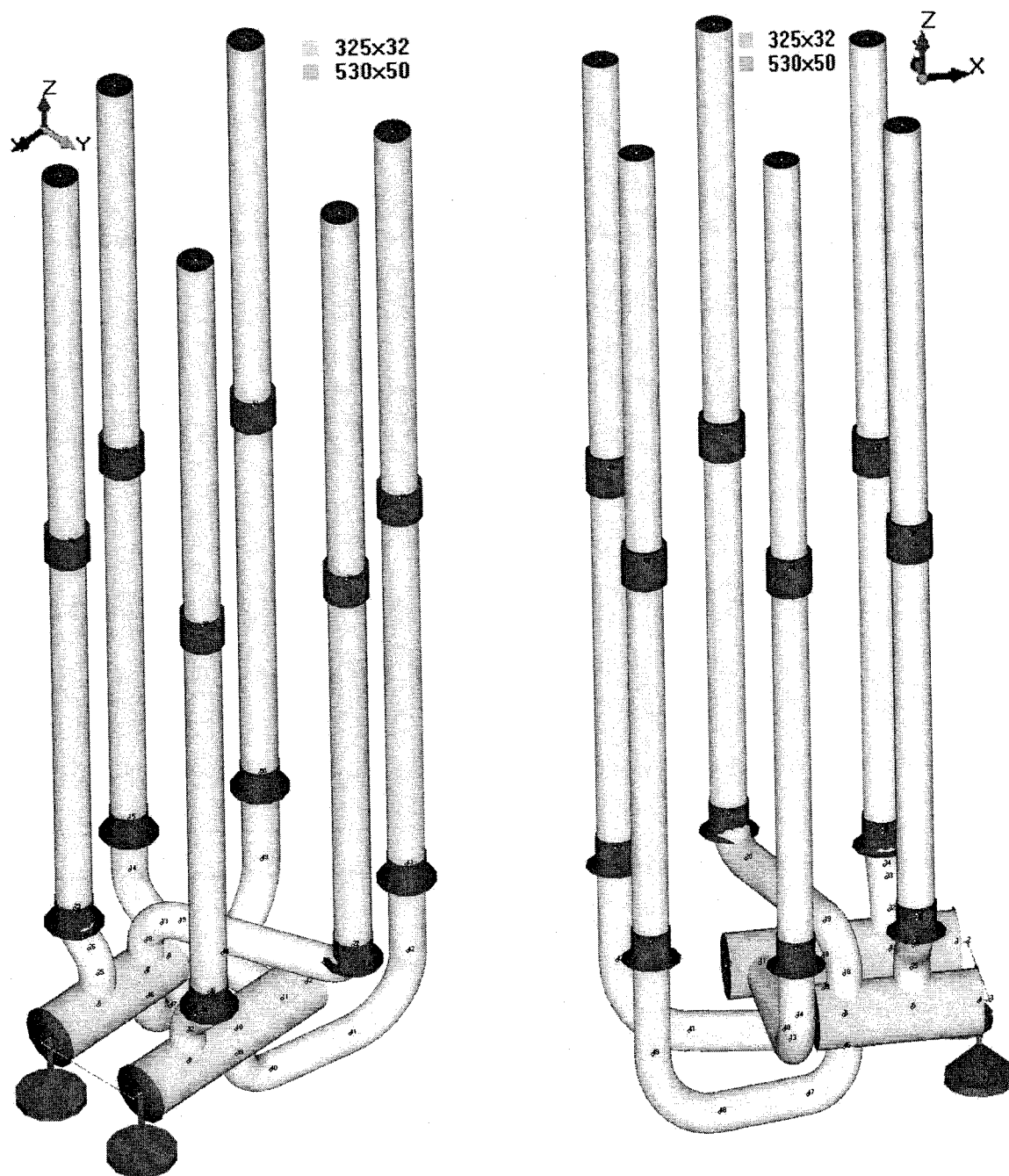
Расчет допустимого напряжения приведен в расчетно-пояснительной записке

### 3. Расчетная схема

Расчетные модели:



модель ПВД



модель трубной системы

Учитывая сложность оболочек и схем нагружения выполнен расчет корпусных деталей ПВД методом конечных элементов (МКЭ) в программе ANSYS (аттестат ГАН №145 от 31.10.2002г., бессрочная лицензия для ООО «Ресурс» на использование ANSYS №00497198), а также трубной системы в программе DPipe (аттестат НТЦ ЯРБ №154 от 28.03.2003 г.)

#### 4. Расчёт ПВД

Расчёт оформлен в виде пояснительной записки и приведен в приложении.

Расчетные данные о геометрических размерах изделия приняты по чертежам из паспортов подогревателей высокого давления, толщина стенки принята из результатов УЗТ с учетом суммарной прибавки.

#### 5. Выводы

**По результатам прочностного расчета подогревателей высокого давления ПВД-6А, 6Б на расчетные параметры:**

Параметр	Значение
Давление в корпусе, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	21 (2,058)
Температура пара на входе, °С	216
Температура конденсата на выходе, °С	208
Давление в трубной системе, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	120 (11,76)
Температура питательной воды на входе, °С	180,6
Температура питательной воды на выходе, °С	201,4

- Количество циклов нагружения с учетом прогноза – пуск из ХО до ХО -150,
- Количество циклов ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ – 50,
- Количество циклов ГИ (наработанное+прогноз) – 15.

Следует, что условия прочности выполняются для всех элементов. Необходимый запас прочности (при условии установки накладных колец) для продления срока службы на 30 лет имеется.

Отмечаем, что для узла врезки штуцера подвода греющего пара расчетные напряжения близки к предельно допустимым. Рекомендуем провести расширенный (включающий методы ВК, КК или МК, УЗК) неразрушающий контроль металла в месте врезки штуцера подвода греющего пара.

**ООО "Ресурс"**

**Подогреватели высокого давления**

**ПВД-6А, 6Б**

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

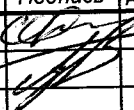

№ 243/12-09-Р.1.

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

**Воронеж  
2010 г.**

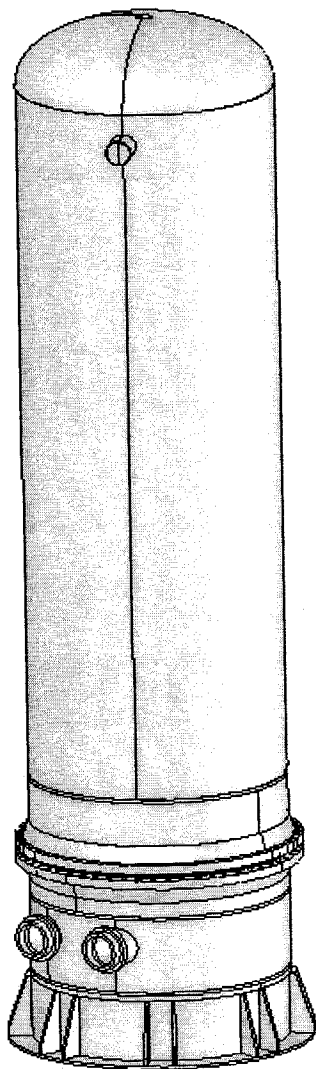
## Вводная часть

Расчет на прочность элементов ПВД выполнен на лицензионных и аттестованных программах ANSYS и DPipe в соответствии с ПНАЭ Г-7-002-86, РД ЭО 0330-01 и литературой приведенной в списке источников.

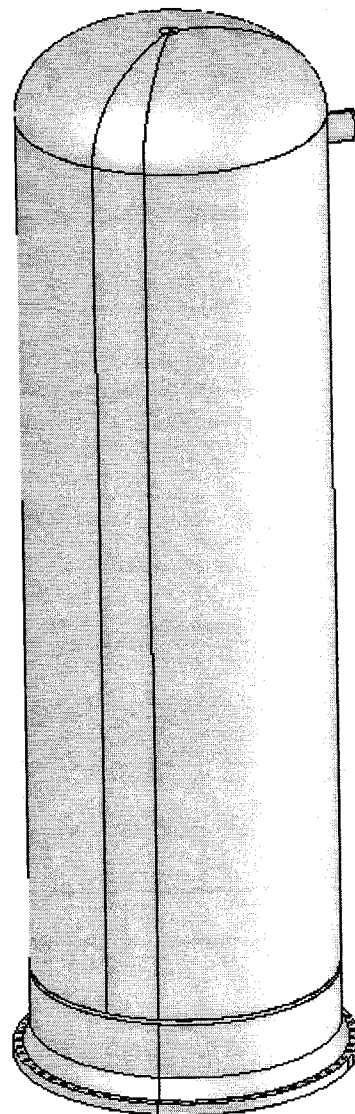
Име. № подл.	Подпись и дата		Взам. ине. №		Име. № дубл.		Подпись и дата	
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.1.  Подогреватели высокого давления ПВД-6А, 6Б  Расчётно-пояснительная записка			
	Разраб.	Фиш						
	Проверил	Адамов						
	Расчитал							
	Н. контр.							
	Утвердил							
					Лит.	Лист	Листов	
						2	51	
					ООО "Ресурс" г. Воронеж			

# 1. Исходные данные для расчета

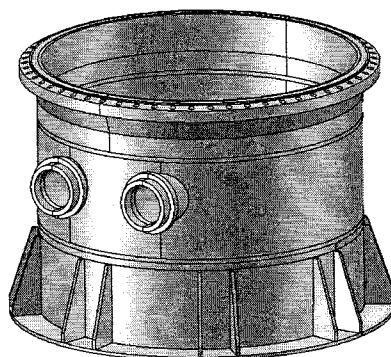
## Расчетные модели



ПВД в сборе



Корпус ПВД



Крышка ПВД

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

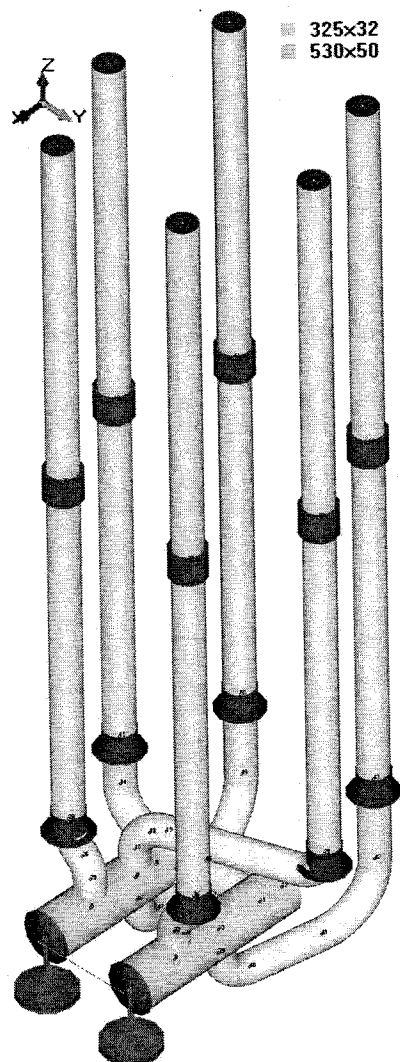
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.1.

Лист

3





Модель трубной системы

Учитывая сложность оболочек и схем нагружения выполнен расчет корпусных деталей ПВД методом конечных элементов (МКЭ) в программе ANSYS (аттестат ГАН №145 от 31.10.2002г., бессрочная лицензия для ООО «Ресурс» на использование ANSYS №00497198), а также трубной системы в программе DPipe (аттестат НТЦ ЯРБ №154 от 28.03.2003 г.)

### Параметры решения для теплового анализа:

Тепловому расчету в связи с существенными различиями температур отдельных частей подвергалась нижняя часть ПВД (крышка). Для других частей расчет температурных полей не проводился т.к. различия температур малы.

Обозначения величин совпадает с названиями стандартных переменных ANSYS

1. Теплопроводность стали нестационарная:

T, °C	0	100	200	300
Kxx, Вт/м°C	45	43,8	41,9	41,3

2. Удельная теплоёмкость стали нестационарная:

T, °C	0	100	200	300
C, Дж/кг°C	470	486	502	519

3. Плотность – 7800 кг/м<sup>3</sup>;

4. Коэффициент теплопередачи на внутренней поверхности вода-сталь –  $1200 \text{ Вт/м}^2$ , коэффициент теплопередачи на внешней поверхности опор, не закрытой теплоизоляцией –  $15 \text{ Вт/м}^2$ . Коэффициенты теплообмена приняты с инженерным допуском т.к. точный их расчет выходит за рамки данной работы.
5. Температура среды для нижней части корпуса -  $208^\circ\text{C}$ , для входного патрубка питательной воды -  $180,6^\circ\text{C}$ , для выходного -  $201,4^\circ\text{C}$ , температура низа опорной стойки -  $50^\circ\text{C}$ .
6. Расчет узловых температур проведен для стационарного теплообмена.

#### Параметры решения при НУЭ корпуса и крышки:

1. Материал имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости  $E_c=186000 \text{ МПа}$ , коэффициентом Пуассона  $\mu=0,3$ , плотностью  $7800 \text{ кг/м}^3$ , коэффициентом температурного расширения  $\alpha=12,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .
2. Нагрузки:
  - давление  $21 \text{ кгс/см}^2$  на внутреннюю поверхность,
  - задание гравитационного ускорения  $9,8 \text{ м/с}^2$ ,
  - задание узловых температур из предварительно проведенного теплового анализа для крышки,
  - приложение продольного усилия на места контакта гаек с фланцем, действующего в замкнутой оболочке, нагруженной внутренним давлением,
  - ограничение перемещений по нижним граням опор в направлении Y и в местах крепления опор в направлении X и Z для крышки,
  - в направлении Y в местах контакта крепежных гаек с тарелкой фланца для расчета верхней части ПВД с учетом уравнивания всех внутренних усилий в направлениях X и Z,
  - задание симметрии по геометрической оси симметрии.
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.
4. Толщина задана с учетом суммарной прибавки  $1,5 \text{ мм}$  при использовании данных о фактической толщине стенки.

#### 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:

По X

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

Подпись и дата

Име. № дубл

Взам. инв. №

Подпись и дата

Име. № подл.

№ 243/12-09-Р.1.

Лист

5

Изм. Лист № документа Подпись Дата

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.

#### Параметры решения при ГИ корпуса и крышки:

1. Материал имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости  $E_c=200000$  МПа, коэффициентом Пуассона  $\mu=0,3$ , плотностью  $7800$  кг/м<sup>3</sup>.
2. Нагрузки:
  - давление  $28$  кгс/см<sup>2</sup> на внутреннюю поверхность,
  - задание гравитационного ускорения  $9,8$  м/с<sup>2</sup>,
  - приложение продольного усилия на места контакта гаек с фланцем, действующего в замкнутой оболочке, нагруженной внутренним давлением,
  - ограничение перемещений по нижним граням опор в направлении Y и в местах крепления опор в направлении X и Z для крышки,
  - в направлении Y в местах контакта крепежных гаек с тарелкой фланца для расчета верхней части ПВД с учетом уравнивания всех внутренних усилий в направлениях X и Z,
  - задание симметрии по геометрической оси симметрии.
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.
4. Толщина задана с учетом суммарной прибавки  $1,5$  мм.

#### Параметры решения при НУЭ трубной системы:

1. Материал имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости  $E_c=187000$  МПа ( $\varnothing 325 \times 32$ -Ст. 20) и  $186000$  МПа ( $\varnothing 530 \times 50$ -16ГС), коэффициентом Пуассона  $\mu=0,3$ , плотностью  $7800$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициентом температурного расширения  $\alpha=12,8 \cdot 10^{-6}$  1/°C и  $12,7 \cdot 10^{-6}$  1/°C соответственно.
2. Нагрузки: давление  $120$  кгс/см<sup>2</sup> на внутреннюю поверхность, задание гравитационного ускорения  $9,8$  м/с<sup>2</sup>, ограничение перемещений по плоскости врезки труб питательной воды ( $\varnothing 530 \times 50$ ) в боковую стенку крышки, задание опор (см. схему и исходные данные к расчету), температура для труб питательной воды:  $180,6^\circ\text{C}$  – входная труба,  $201,4^\circ\text{C}$  – выходная труба.
3. Толщина задана с учетом суммарной прибавки –  $5$  мм.

#### Параметры решения при ГИ трубной системы:

4. Материал имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости  $E_c=200000$  МПа, коэффициентом Пуассона  $\mu=0,3$ , плотностью  $7800$  кг/м<sup>3</sup>.
5. Нагрузки: давление  $175$  кгс/см<sup>2</sup> на внутреннюю поверхность, задание гравитационного ускорения  $9,8$  м/с<sup>2</sup>, ограничение перемещений по плоскости врезки труб питательной воды ( $\varnothing 530 \times 50$ ), задание опор (см. схему и исходные данные к расчету).
6. Толщина задана с учетом суммарной прибавки –  $5$  мм.

**Расчет на циклическую прочность.** По результатам всех расчетов выполнен расчет на циклическую прочность с учетом:

Име. № подл.	Подпись и дата	Име. № дубл.	Взам. име. №						
				№ 243/12-09-Р.1.					Лист
									6
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

- Выполнен расчет коэффициента повреждаемости.

**Расчет шпилек главного разъёма приведен в разделе 10 настоящего расчета.**

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.1.	Лист 7

## 2. Построение сетки конечных элементов

Сетка состоит из следующих элементов:

элемент solid 95 – для моделирования механики движения стальных элементов.

элемент beam 189 – для моделирования стяжных шпилек главного разъёма.

Для улучшения точности и достоверности дальнейших расчетов при построении сетки использовалась преимущественно опция гексаэдров с предварительной разбивкой модели на простые фигуры.

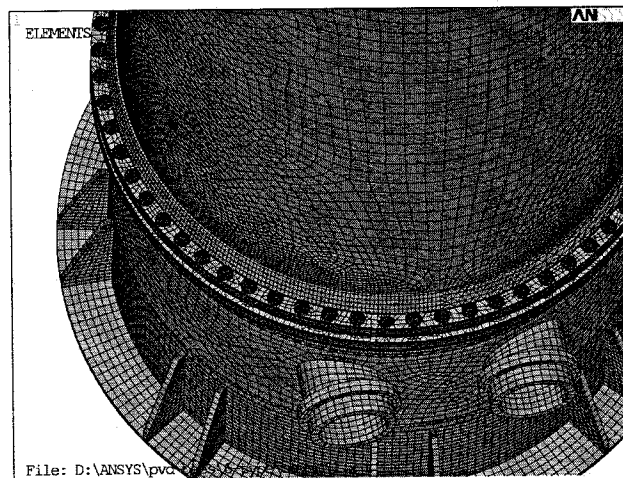
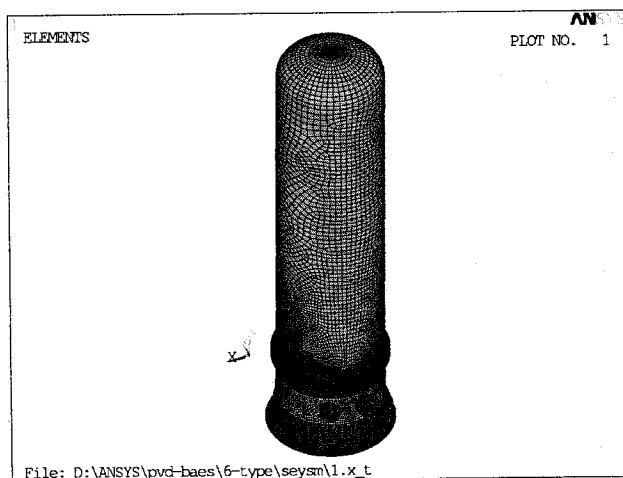


Рис.1а. Модель для расчета на сейсмическое воздействие

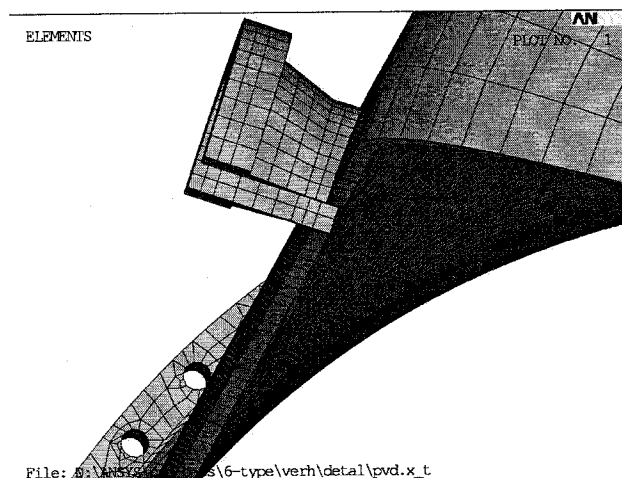
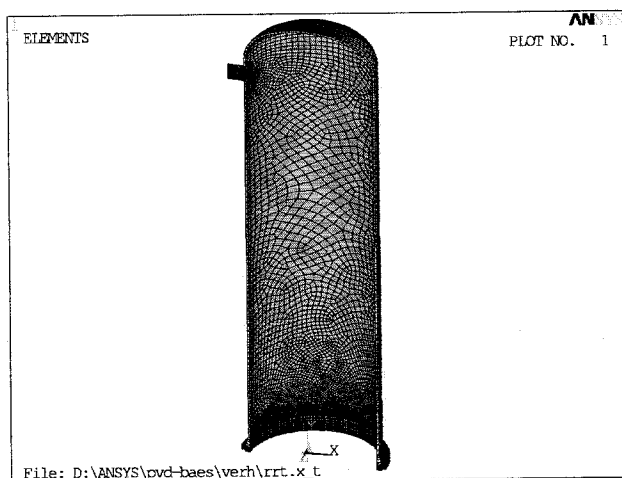


Рис.1б. Модель для расчета верхней части ПВД

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.1.	Лист
											8

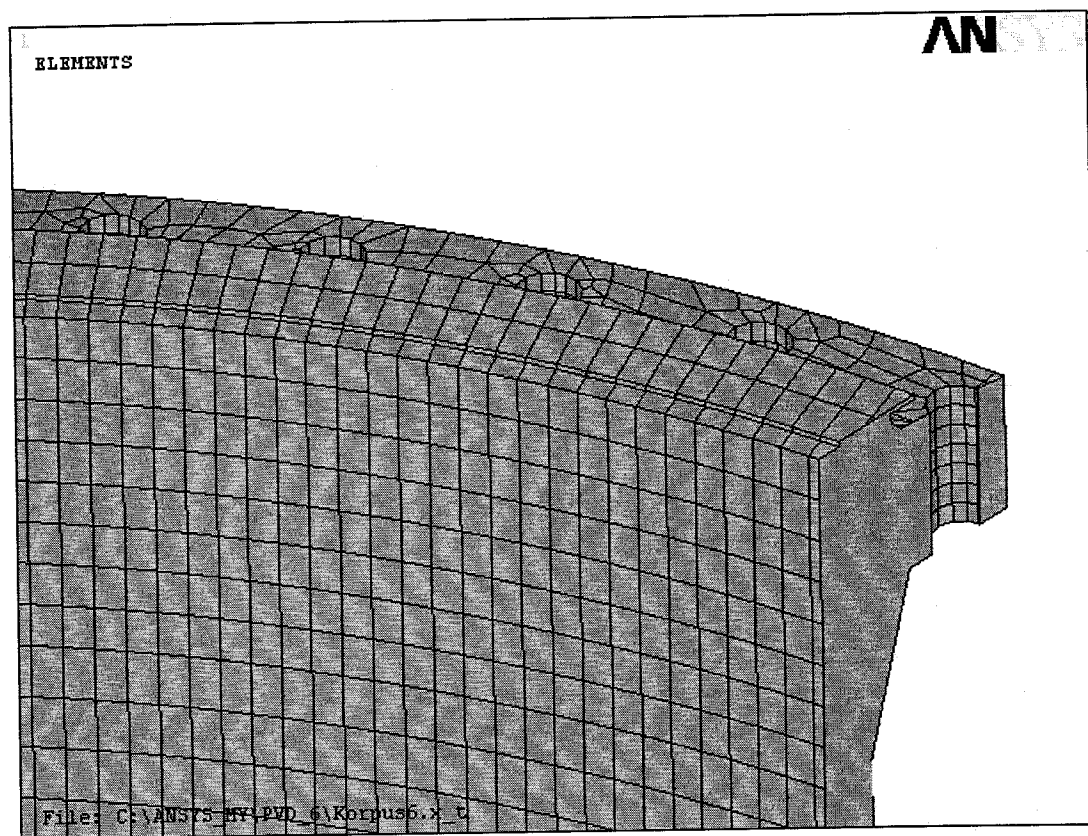
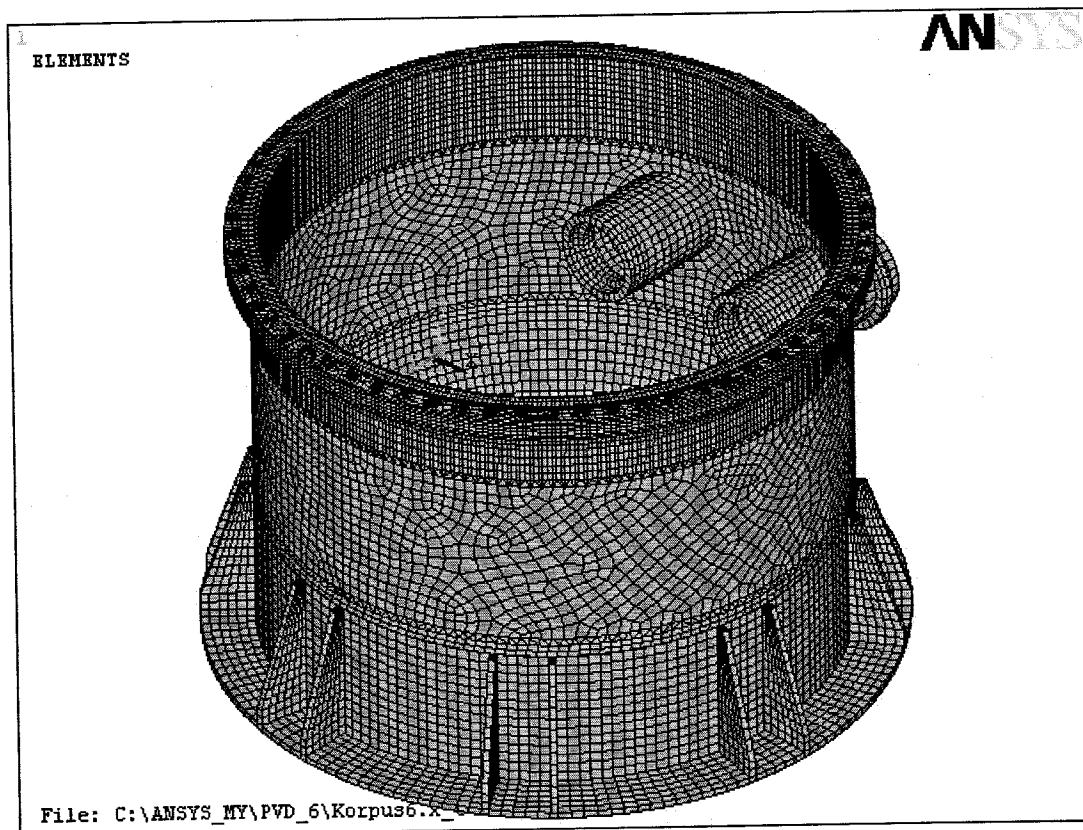


Рис.1в. Модель для расчета нижней части ПВД

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

### 3. Тепловой расчет для крышки ПВД (нижней части)

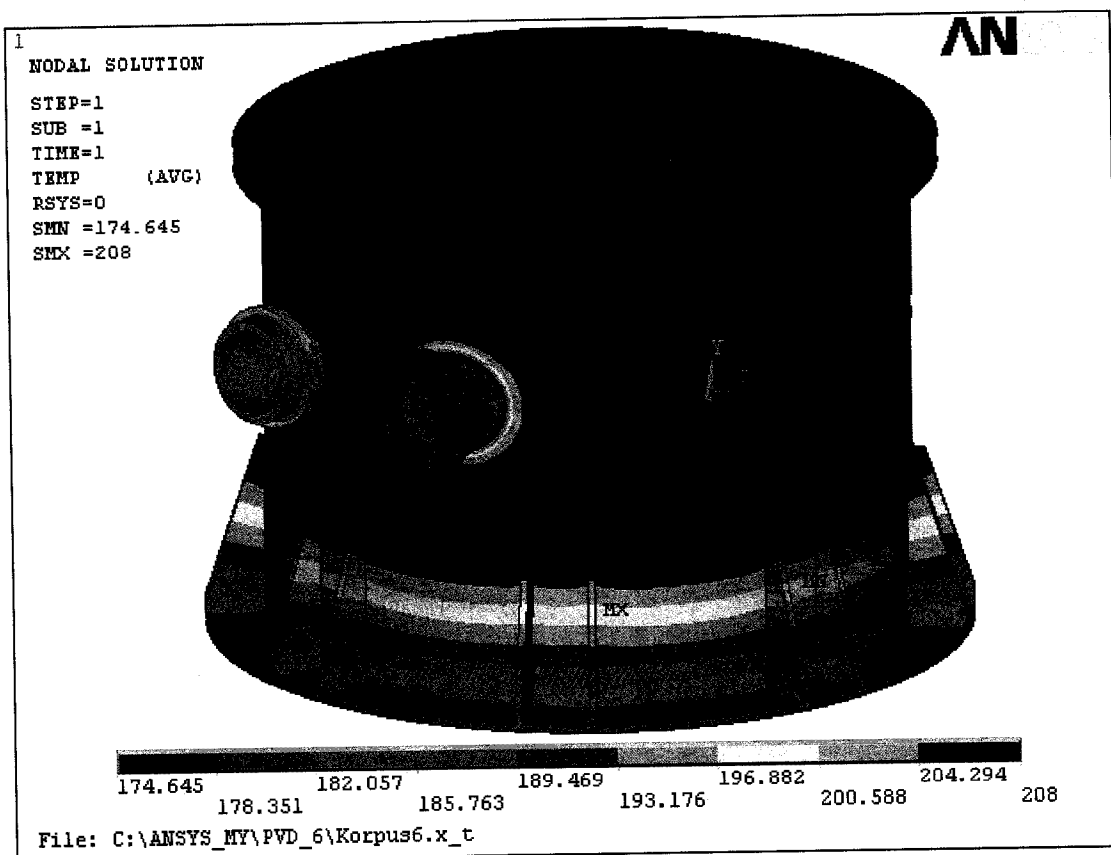
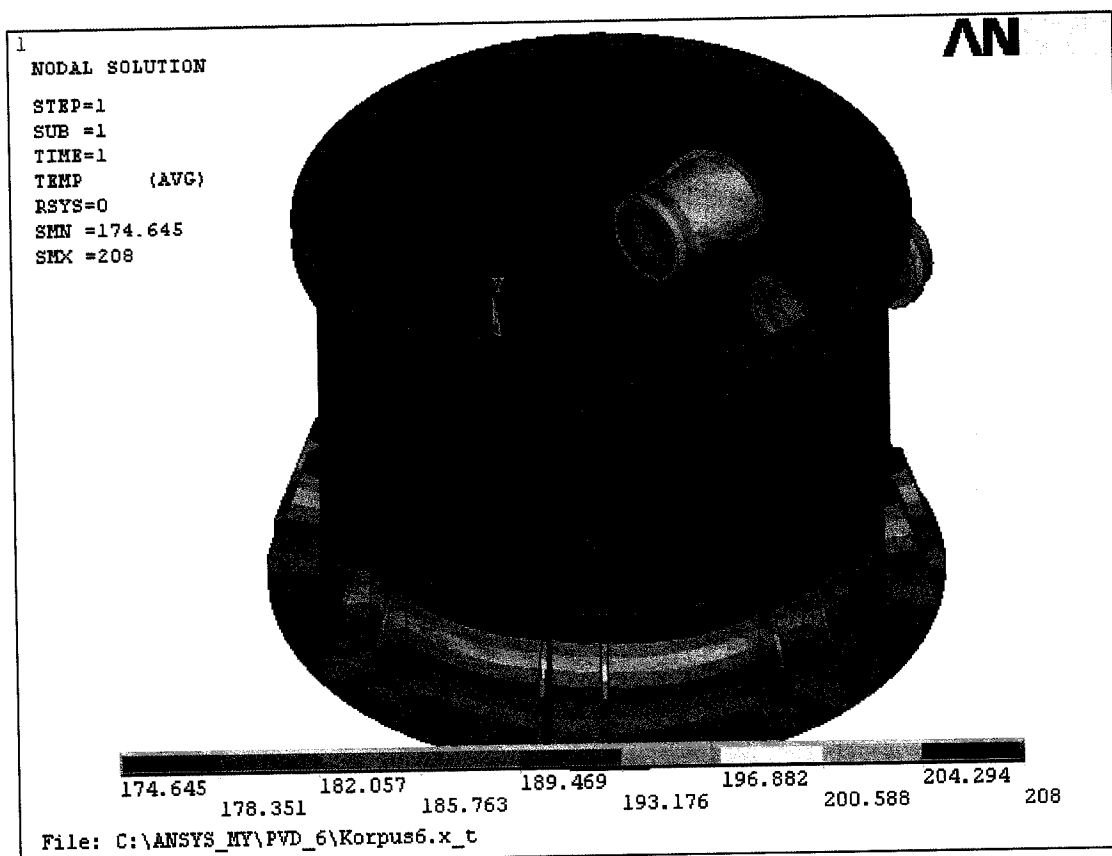


Рис.2. Градиент температуры в рабочем состоянии

Подпись и дата

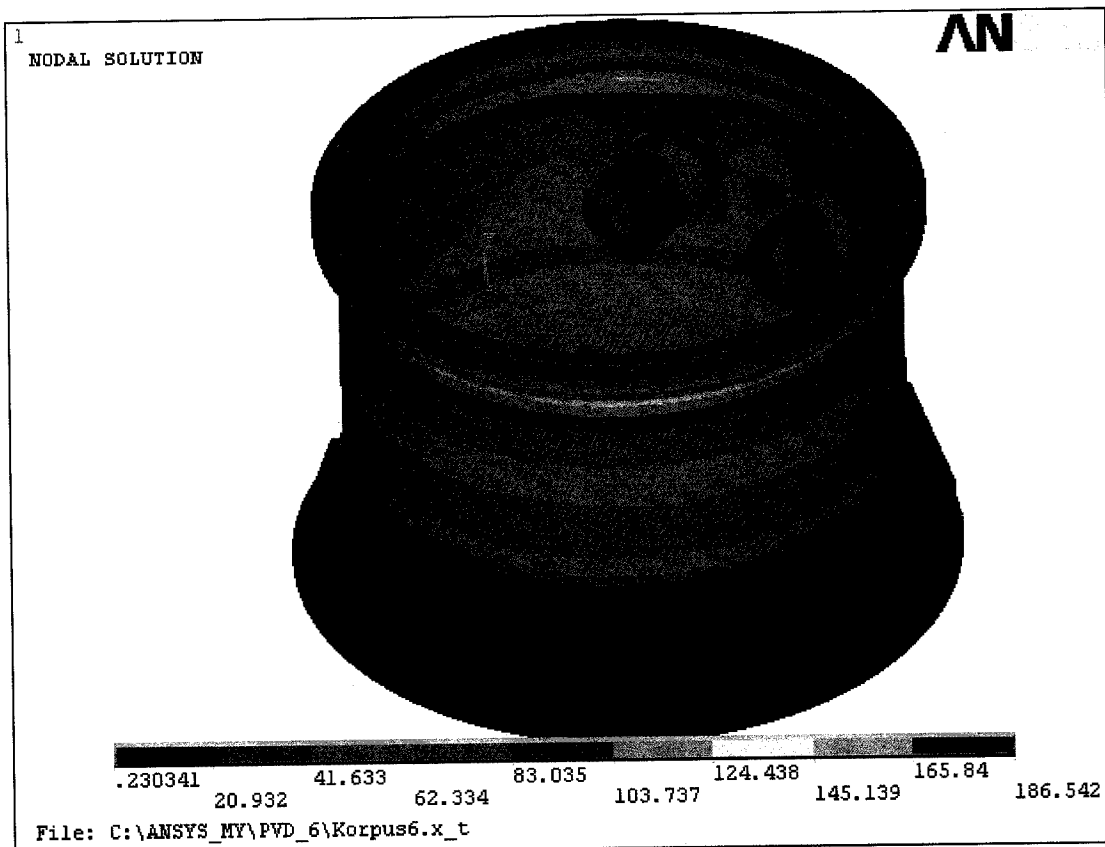
Инв. № дубл

Взам. инв. №

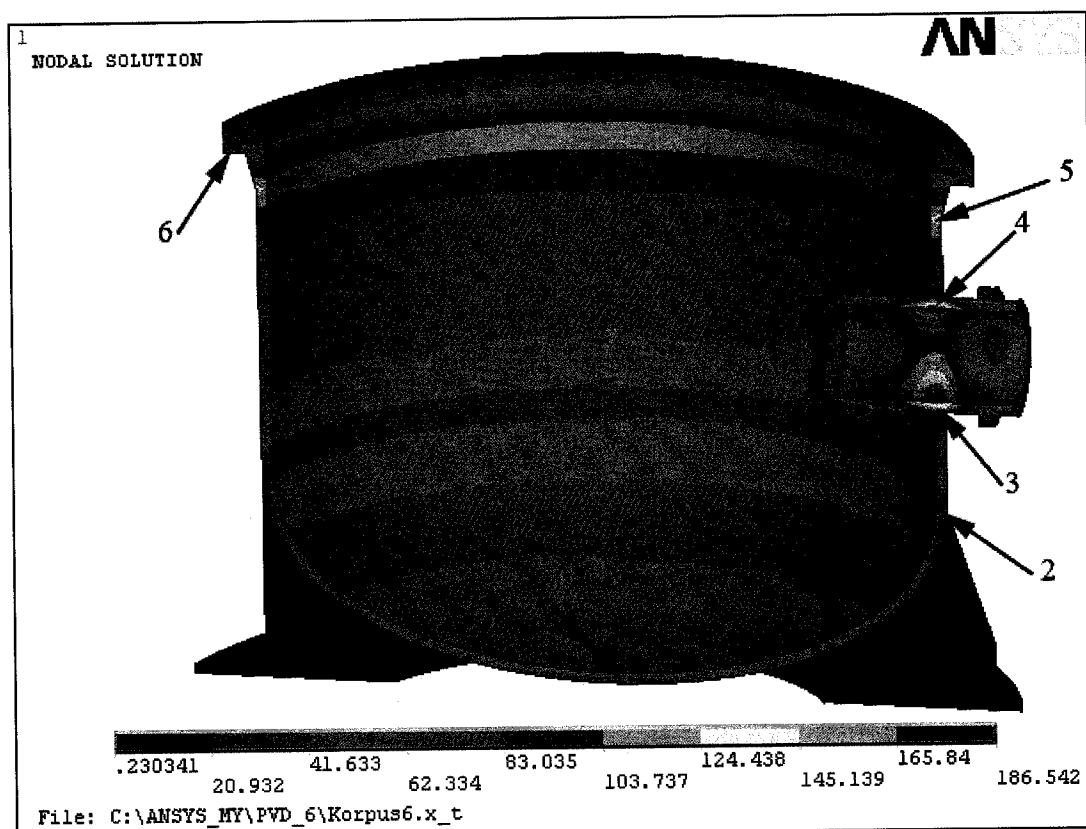
Подпись и дата

Инв. № подл.

#### 4. Расчет на статическую прочность крышки ПВД при НУЭ



a)

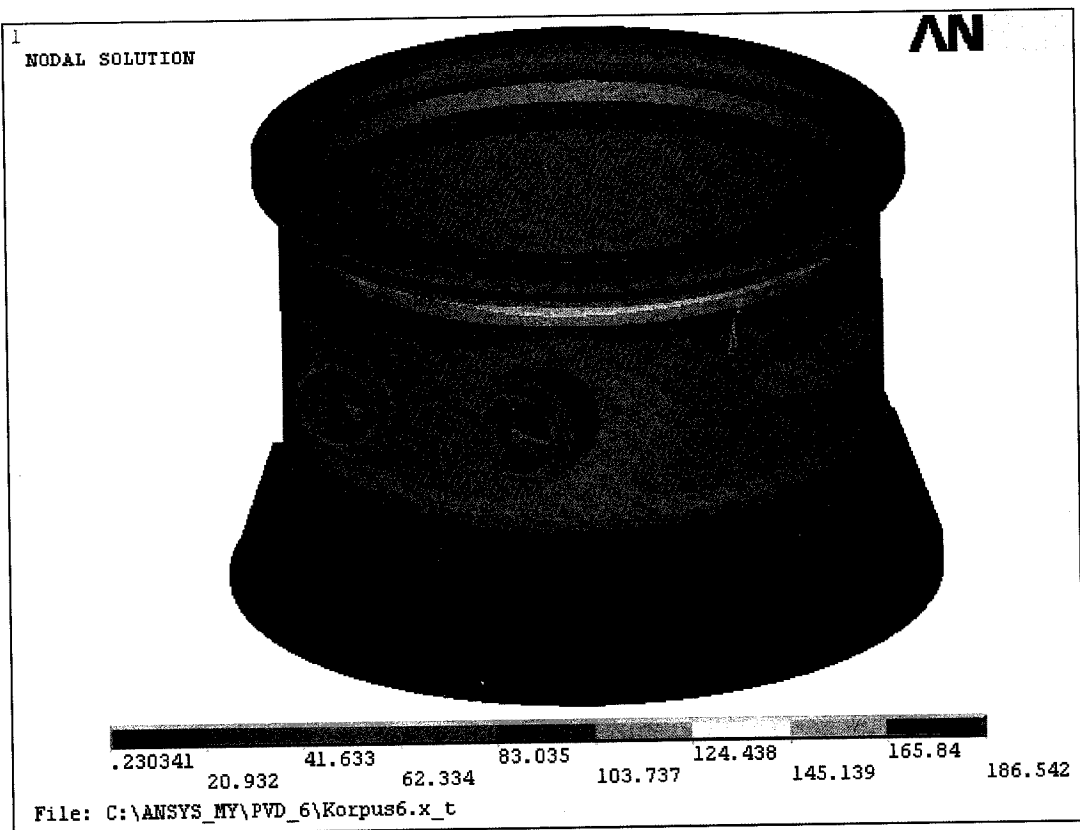


б)

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата





в)

Рис.3 Напряженно-деформированное состояние модели

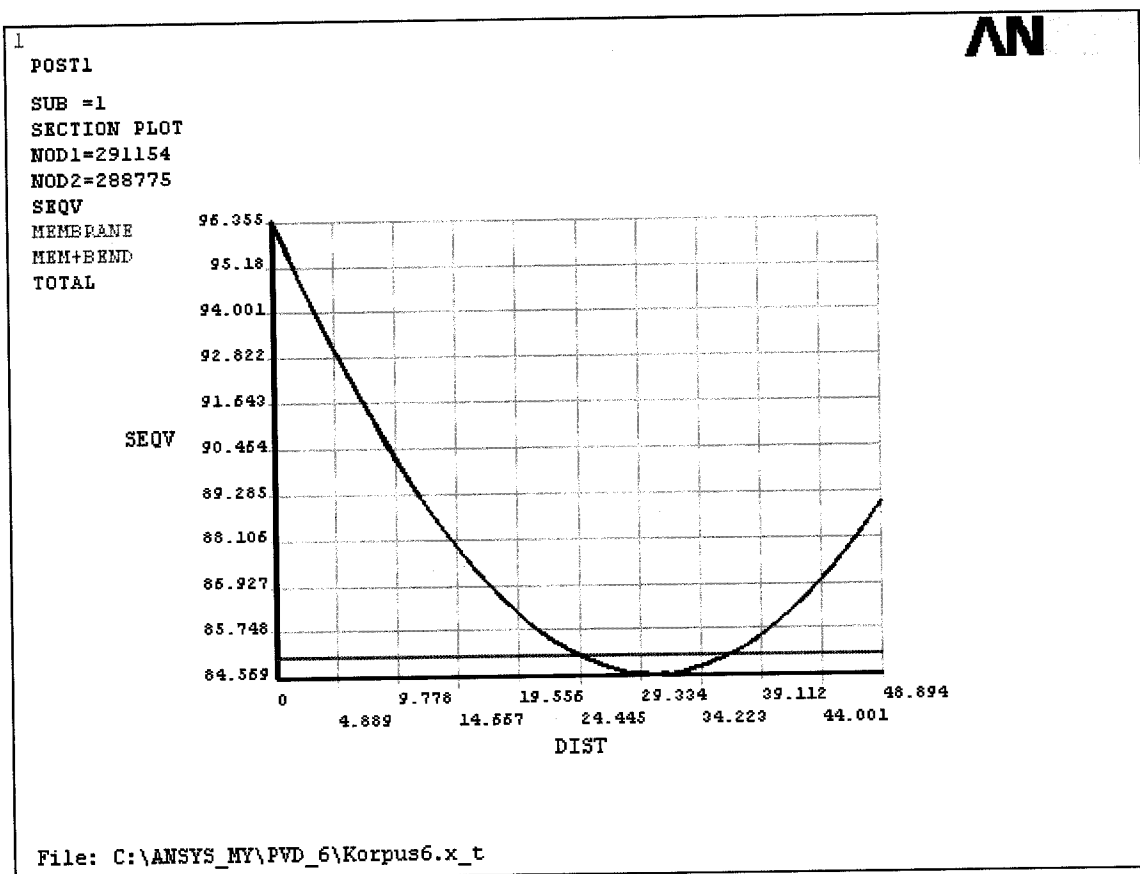


Рис.4 Напряжения для зоны 1

Подпись и дата

Инв. № дубл

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Лист

12

№ 243/12-09-Р.1.

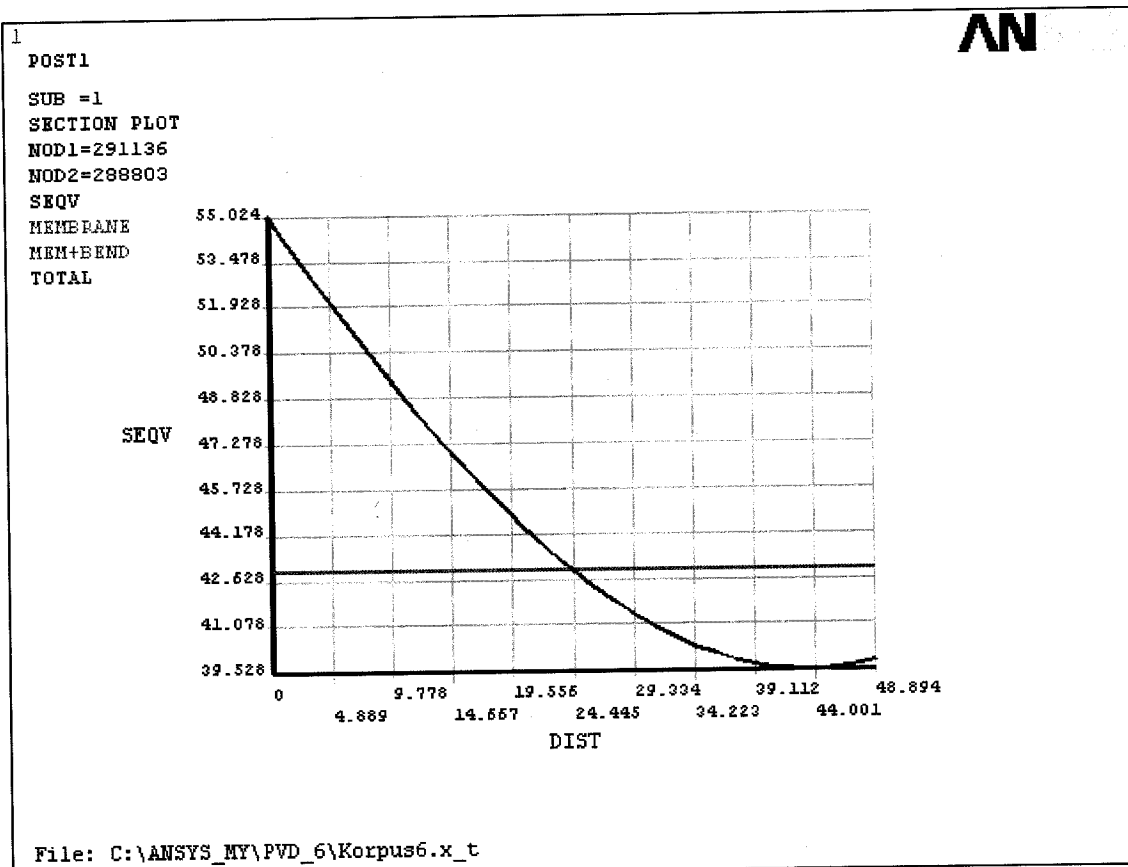


Рис.5 Напряжения для зоны 2

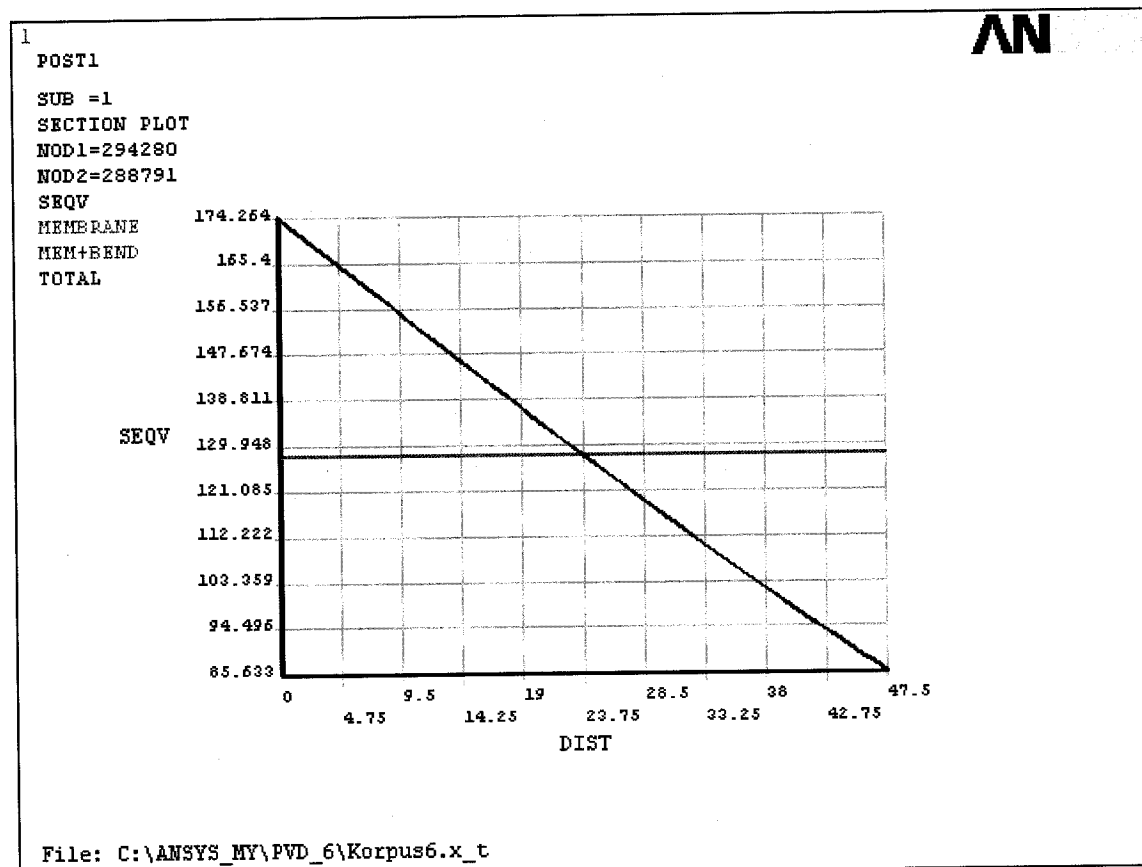


Рис.6 Напряжения для зоны 3

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

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

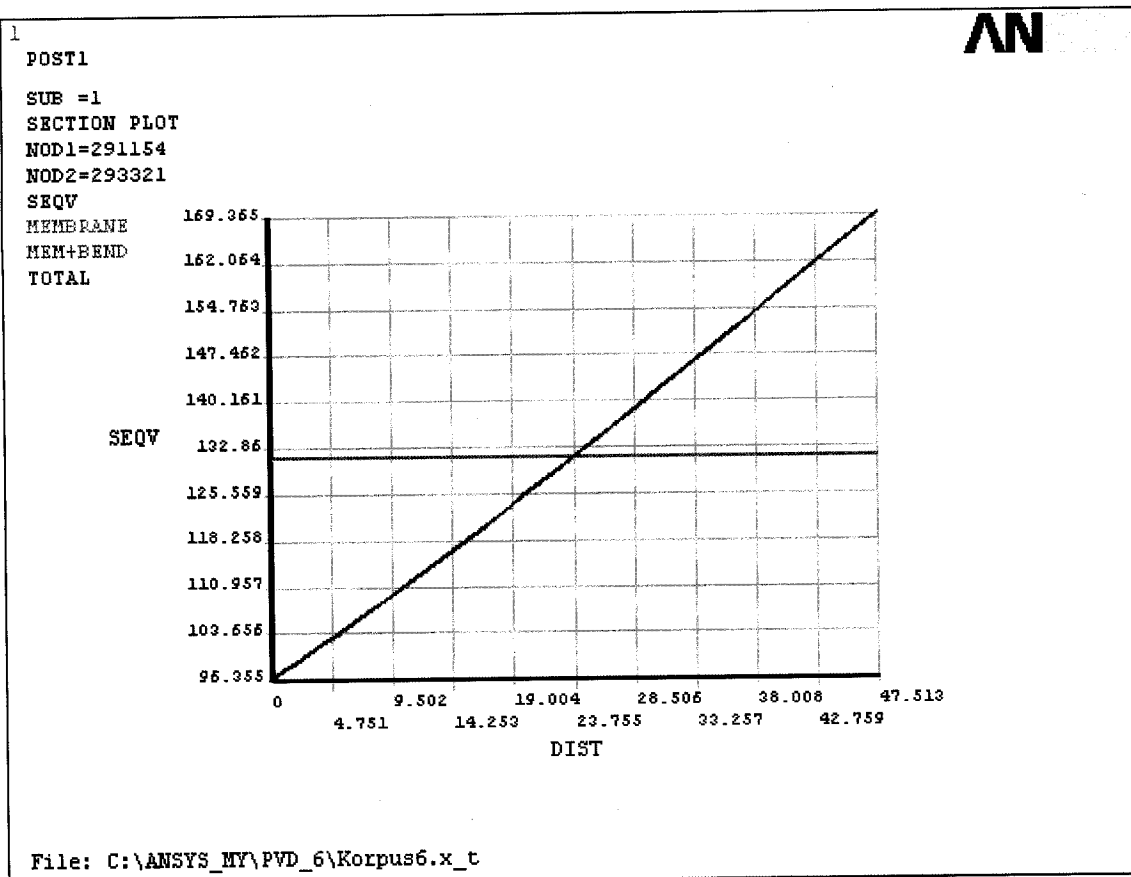


Рис.7 Напряжения для зоны 4

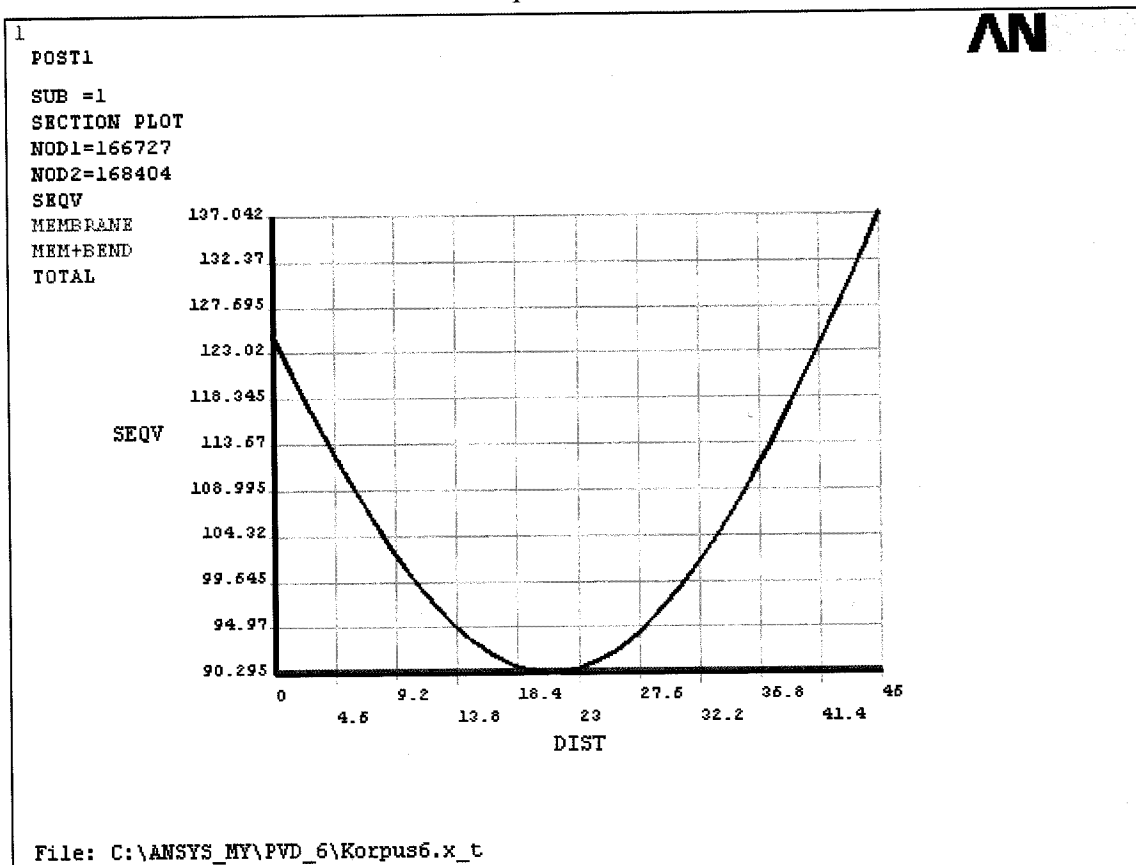


Рис.8 Напряжения для зоны 5

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

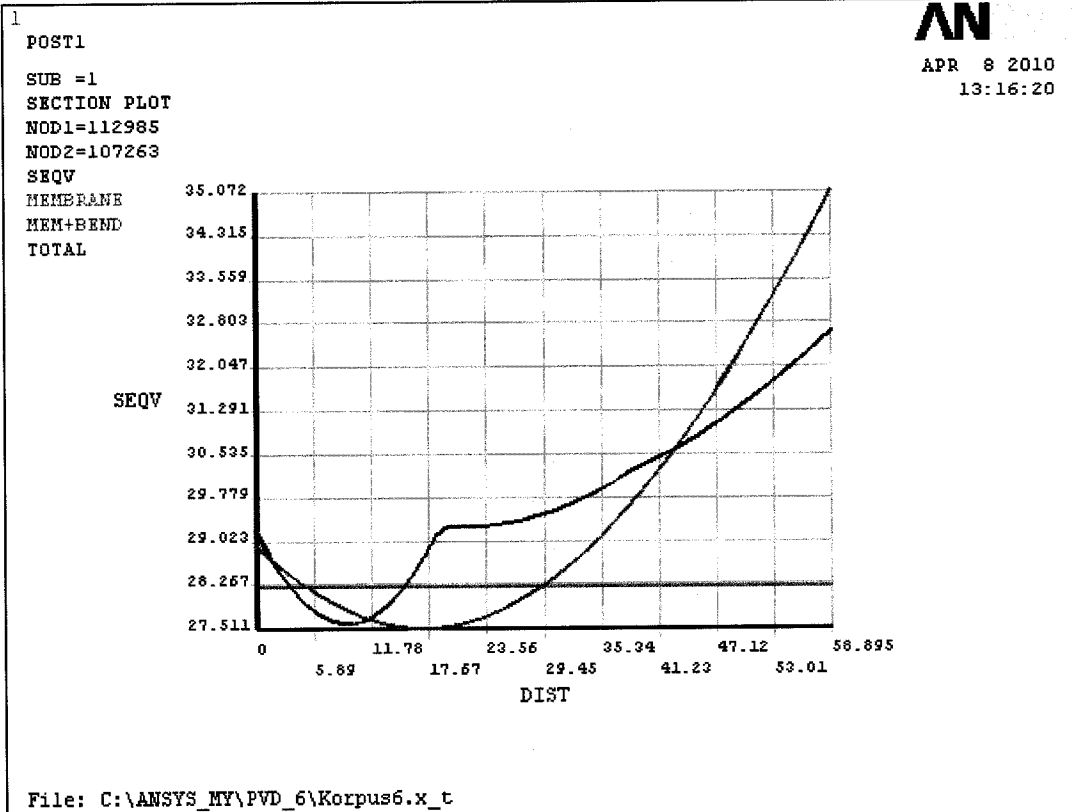


Рис.9 Напряжения для зоны 6

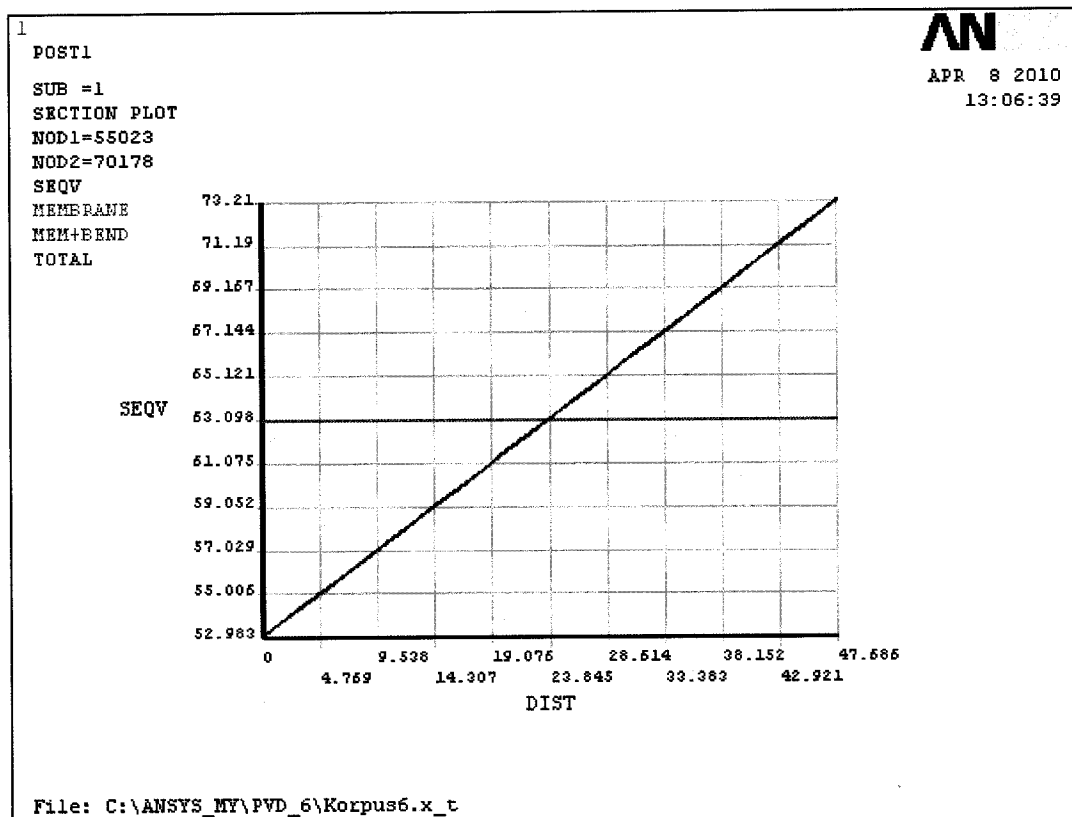


Рис.10 Напряжения для зоны 7

Подпись и дата

Име. № дубл

Взам. инв. №

Подпись и дата

Име. № подл.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

\*Далее будут приводиться максимальные значения напряжений, а графики их распределения в стенке приводится не будут.

Расчет допустимых напряжений для материала сталь 16ГС и сталь 09Г2С-Ш при рабочей температуре

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1 \cdot \min(216/1.5; 392/2.6) = 144 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_2 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1.3 \cdot 1 \cdot \min(216/1.5; 392/2.6) = 187.2 \text{ МПа}$$

$$(\sigma)_{RV} = (2.5 - R_{p0.2}^T / R_m^T) \cdot R_{p0.2}^T, \text{ но не более } 2R_{p0.2}^T = 420.9 \text{ МПа}$$

### Сводная таблица расчета по зонам

Напряжения  $(\sigma)_{RV}$  вычислялись функцией «stress intensity», математическое описание которой полностью соответствует требованиям п.5.3.6. ПНАЭ Г-7-002-86.

№ зоны	Расчетные напряжения, МПа			Выполнение условия
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_{rv}$	
1	85,05	96,36	109,26	да
2	42,87	55,02	59,34	да
3	128,72	174,26	191,23	да
4	130,25	169,36	184,41	да
5	90,31	137,04	144,07	да
6	28,2	35,1	40,39	да
7	63,1	73,2	89,57	да

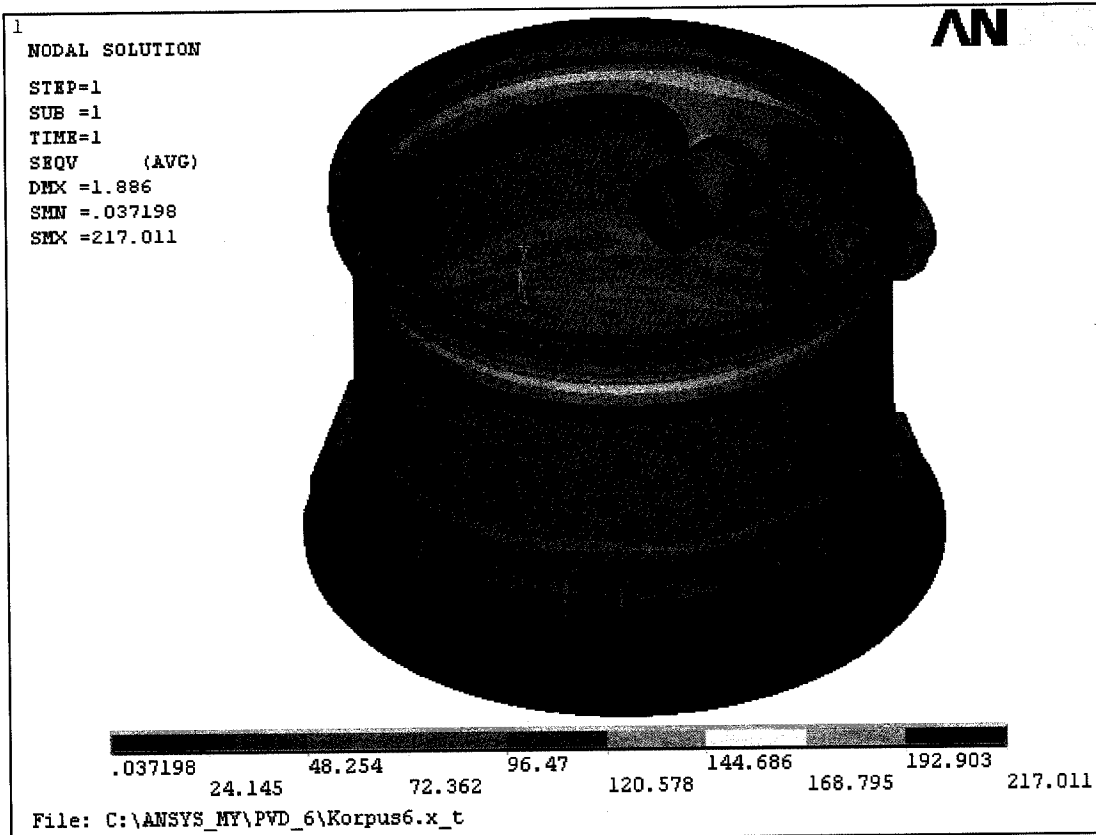
### Вывод:

Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.

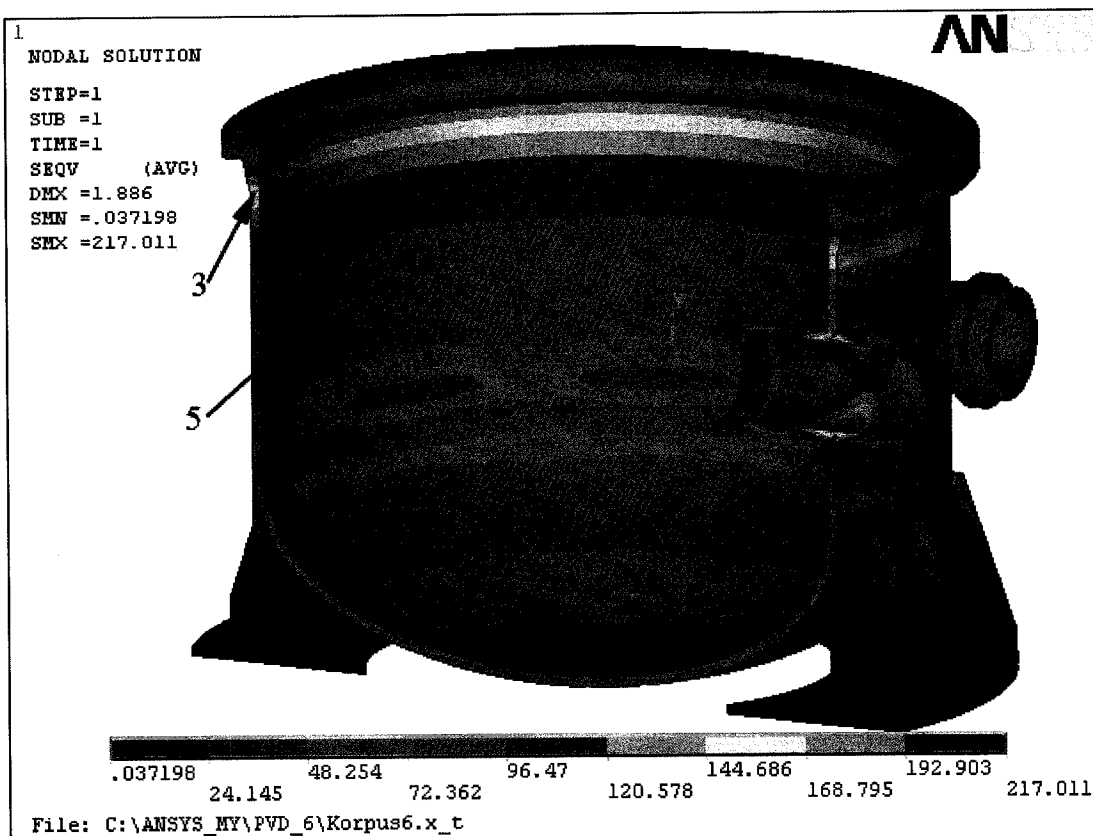
Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

## 5. Расчет на статическую прочность крышки ПВД при ГИ



a)



б)

Подпись и дата

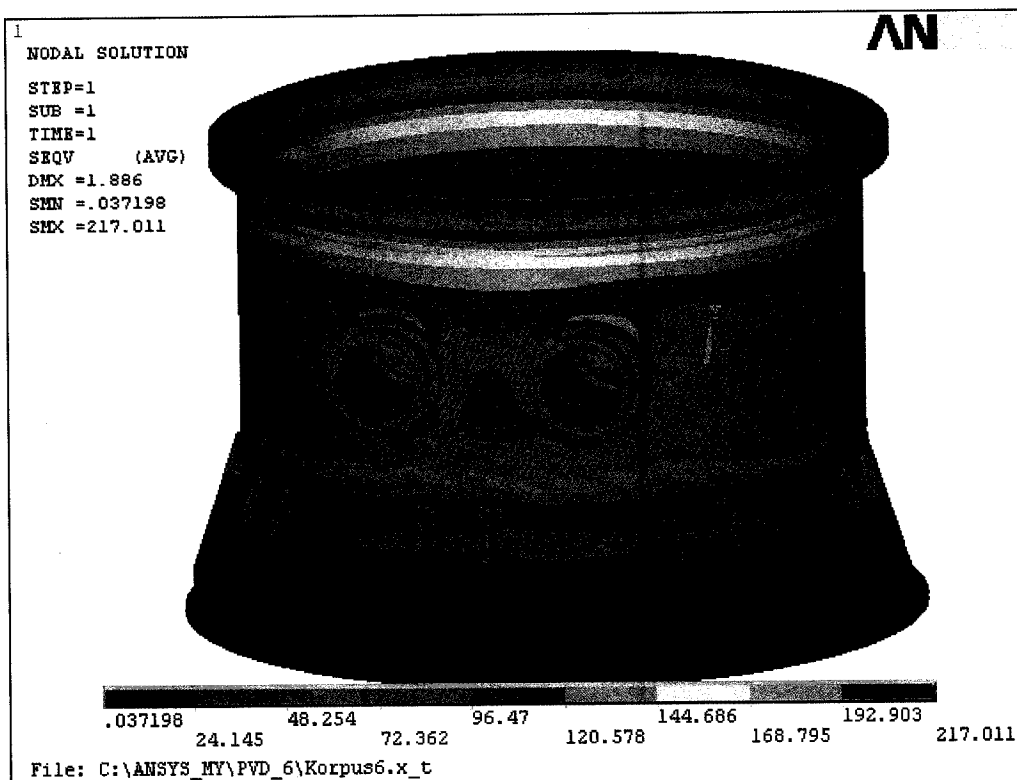
Инв. № дубл

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата



в)

Рис.11 Напряженно-деформированное состояние при ГИ

Расчет допустимых напряжений для материала сталь 16ГС и сталь 09Г2С-Ш при ГИ

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,35 \cdot \min(245/1.5; 432/2.6) = 220,5 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_2 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,7 \cdot 1 \cdot \min(245/1.5; 432/2.6) = 277,6 \text{ МПа}$$

$$(\sigma)_{RV} = (2,5 - R_{p0,2}^T / R_m^T) \cdot R_{p0,2}^T, \text{ но не более } 2R_{p0,2}^T = 473,6 \text{ МПа}$$

#### Сводная таблица расчета по зонам

Напряжения  $(\sigma)_{RV}$  вычислялись функцией «stress intensity», математическое описание которой полностью соответствует требованиям п.5.3.6. ПНАЭ Г-7-002-86.

№ зоны	Расчетные напряжения, МПа			Выполнение условия
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_{rv}$	
1	164,71	205,39	221,81	да
2	155,98	201,79	221,39	да
3	120,26	176,07	185,52	да
4	120,27	125,99	141,37	да
5	84,76	88,14	101,03	да
6	72,48	106,57	112,45	да
7	42,21	68,61	79,09	да

#### Вывод:

Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.

Подпись и дата

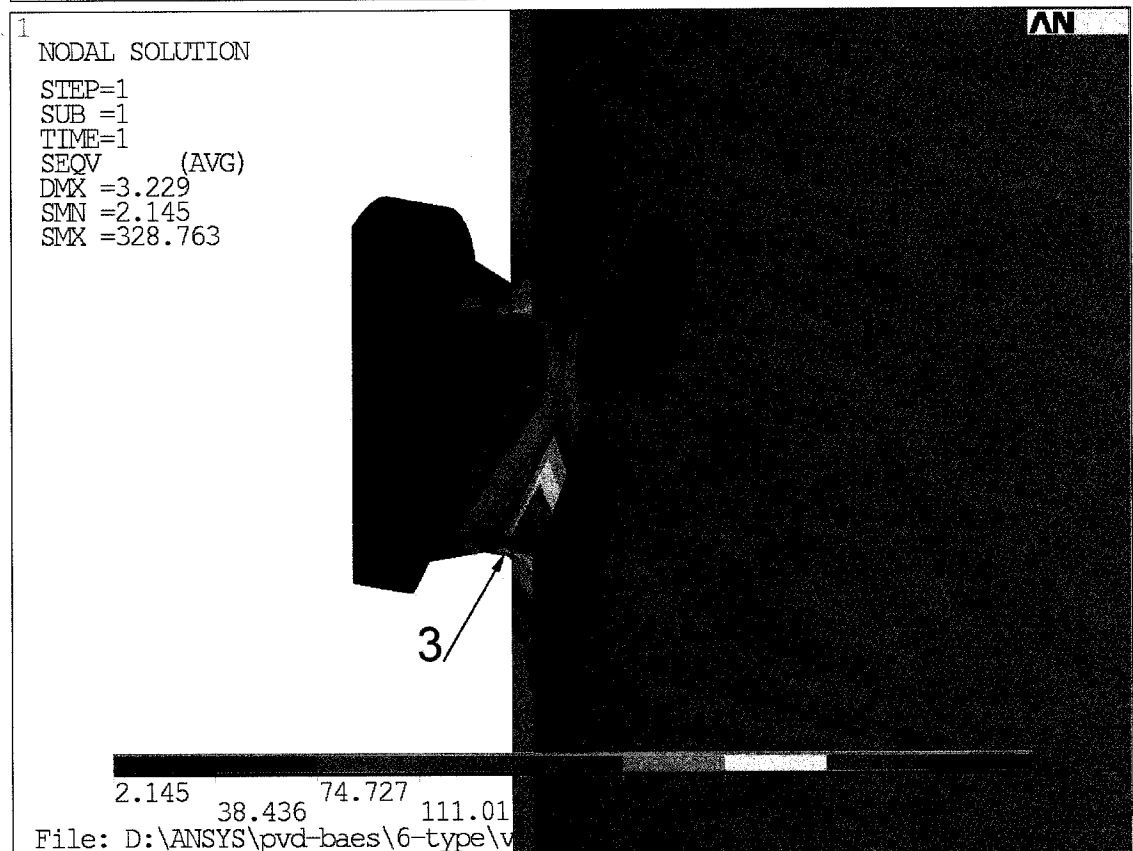
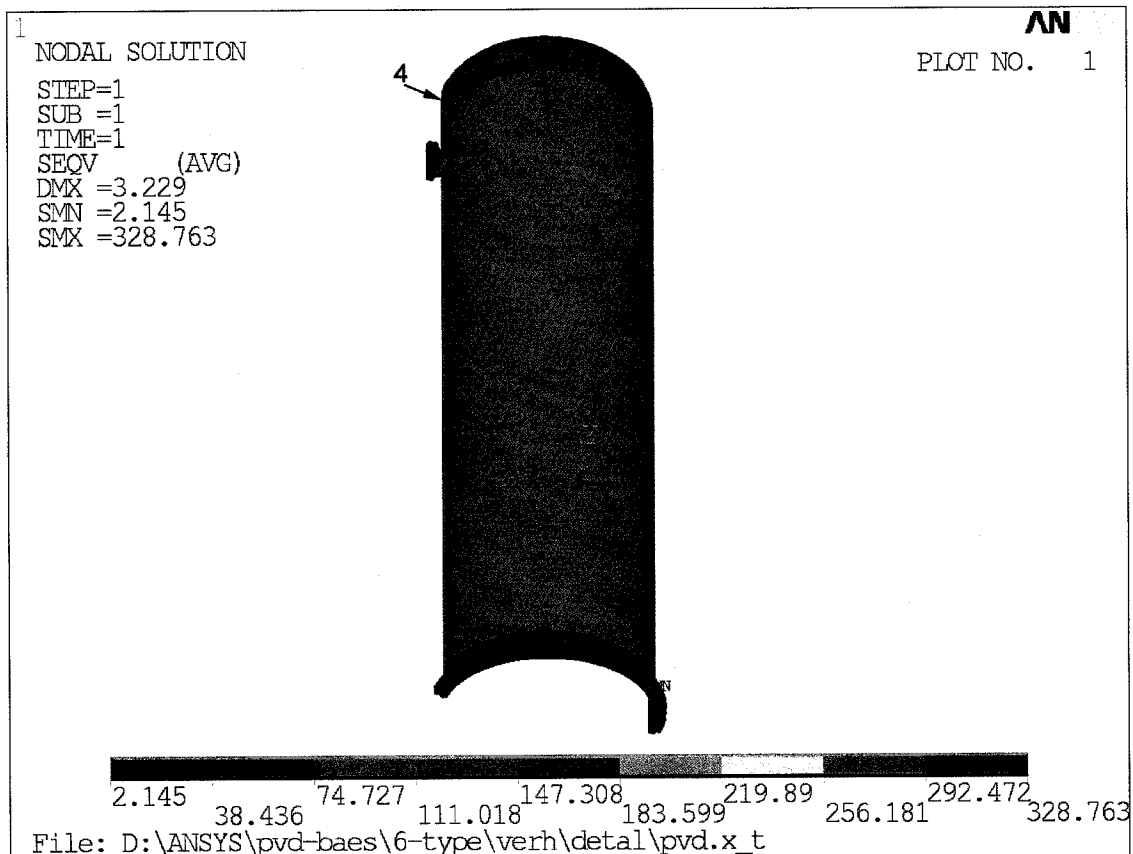
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

## 6. Расчет на статическую прочность верхней части ПВД при НУЭ



Подпись и дата

Име. № дубл

Взам. инв. №

Подпись и дата

Име. № подл.



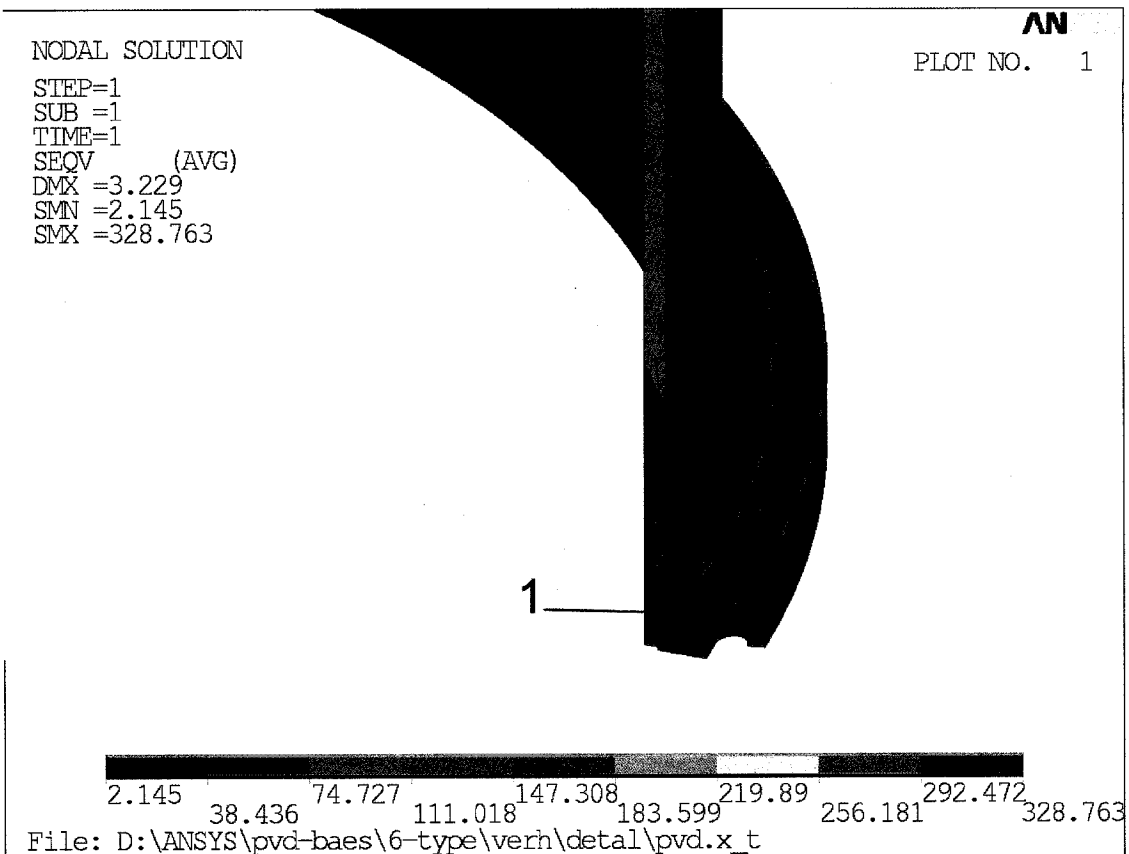


Рис.12 Напряженно-деформированное состояние при НУЭ

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

[illegible]

## 7. Расчет на прочность к сейсмической нагрузке

### 7.1. 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.	1,152
2.	1,254
3.	1,488
4.	1,497
5.	1,504
6.	1,582
7.	1,684
8.	1,767
9.	1,78
10.	2,17
11.	2,341
12.	2,361

Вид перемещений конструкции для 1-й, 3-й, 8-й и 12-й собственных частот приведен на рис.13-16

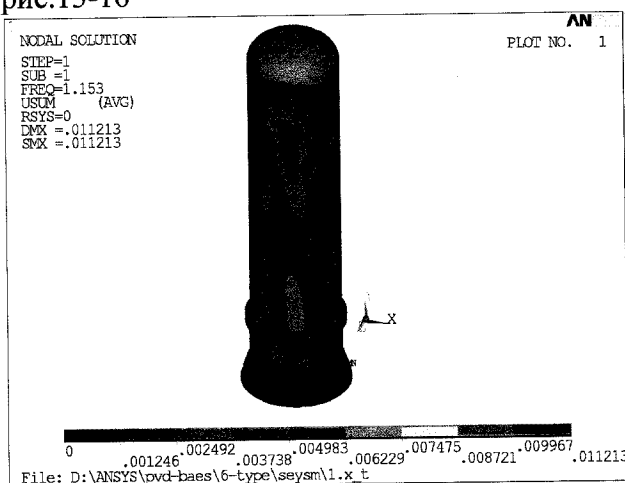


рис. 13

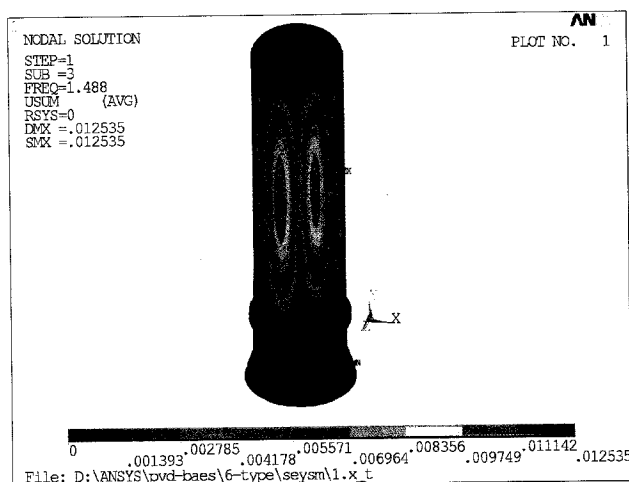


рис. 14

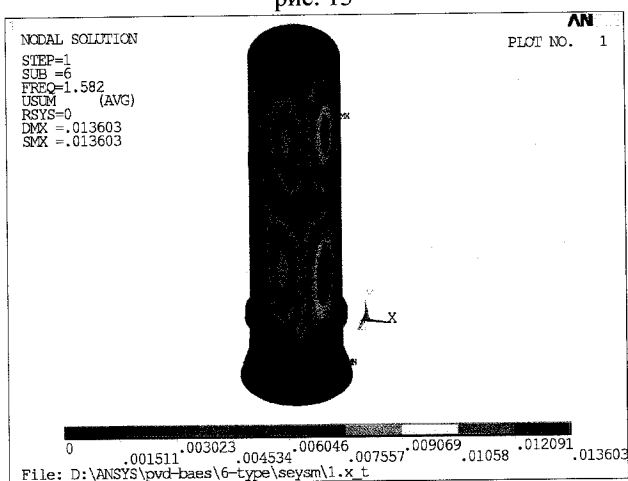


рис. 15

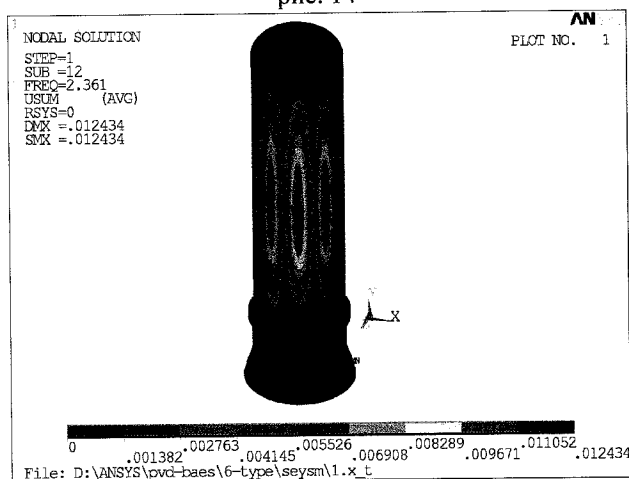


рис. 16

Выполнен расчет круговых частот одностепенной модели по трем координатам:  
 $\omega_{ox} = 62,6$  рад/сек;  $\omega_{oy} = 394,4$  рад/сек;  $\omega_{oz} = 61,4$  рад/сек.

Для расчета сейсмических ускорений центра масс модели относительно основания использована формула 4.12 [11]. Комбинирование составляющих в соответствии с п.п. 2.5.4 ПНАЭ Г-7-002-86 и в соответствии с СНиП II-7-81. На рис. 17 приведен вид напряженно деформированного состояния модели от сейсмической нагрузки.

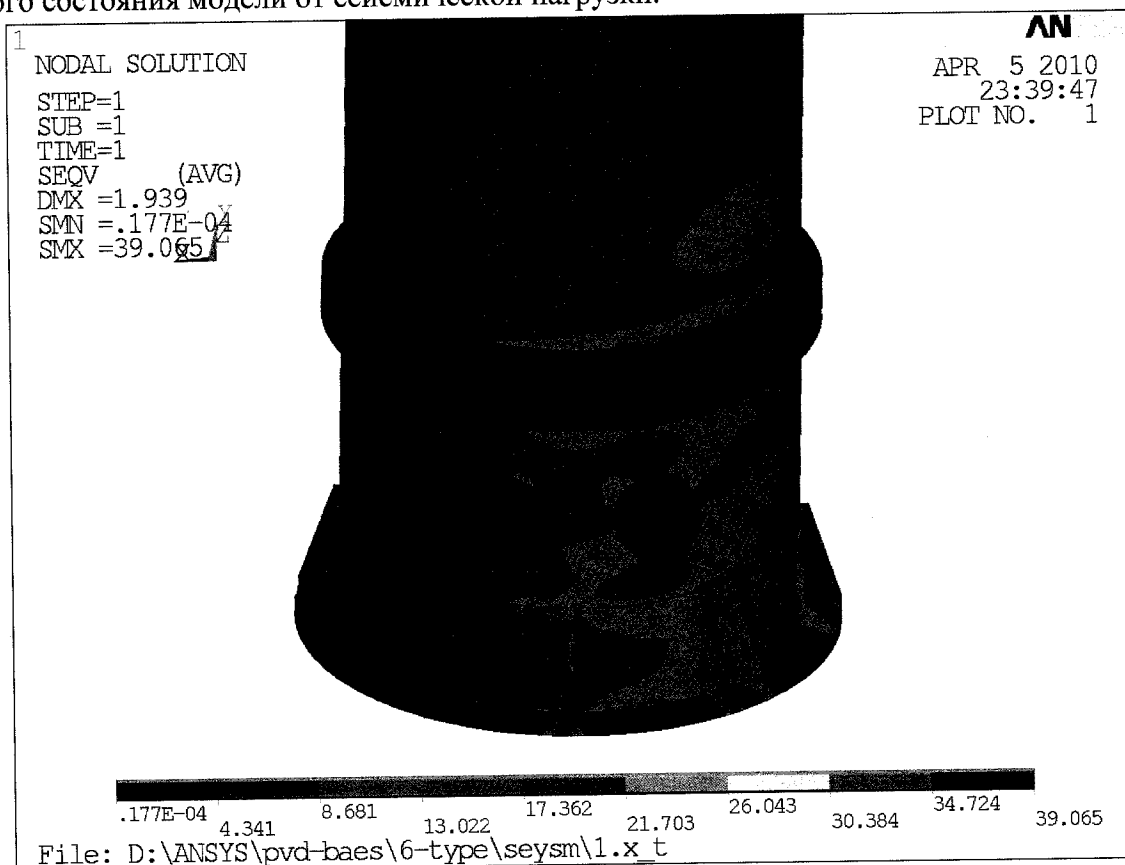


Рис. 17

Расчет напряжений для НУЭ+ПЗ

Местные напряжения определялись в тех же зонах (см. рис.3), что и для расчета на статическую прочность корпуса.

Расчет допустимых напряжений для материала сталь 09Г2С для НУЭ+ПЗ

$$[\sigma_s]1 = 1,5 \cdot \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,5 \cdot 144 = 216 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_s]2 = 1,9 \cdot \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,9 \cdot 144 = 273,6 \text{ МПа}$$

**Сводная таблица расчета по зонам**

№ зоны	Расчетные напряжения, МПа		Выполнение условия
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	
1	102,8	119,56	да
2	71,57	93,22	да
4	142,85	187,56	да
5	98,31	148,24	да

**Вывод**

Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.

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

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

## 7. Расчет на прочность трубной системы

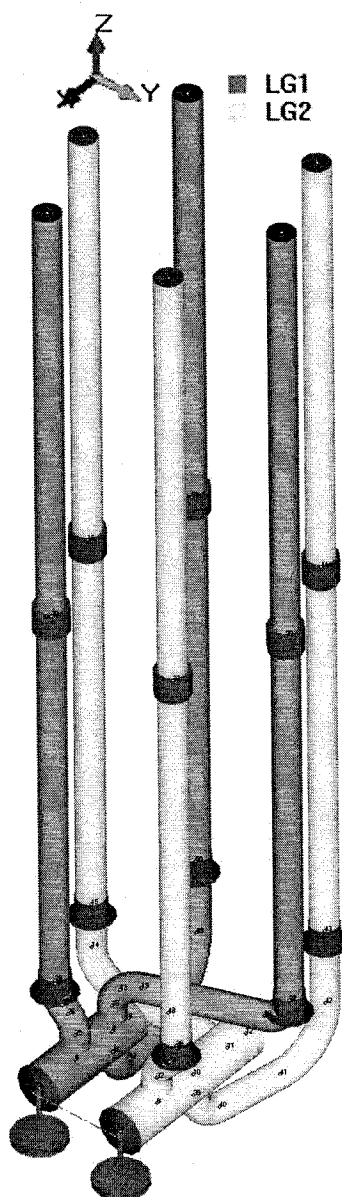


Рис. 18 Схема расчетных режимов нагружения

### Исходные данные

Модель: трубная система ПВД.

### >>> КОНТРОЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ:

Температура монтажа: 20 С

Число циклов: 3000

Нормы расчета на прочность: ПНАЭ

масштабный коэффициент для трения (FRIC) 1.00

учет давления для вычисления податливости гибов (BEND\_PRES) YES

нормы, использ. для вычисления податливости гибов (BEND\_CODE) ПНАЭ

реферативная температура для мех. характеристик (T\_REF) 20

плотность воды (W\_DEN) 9.80665E-06 Н/мм<sup>3</sup>

поступ. жесткость для "абс." жестких величин (RGD\_TRN) 1.00000E+09

Лист

№ 243/12-09-Р.1.

24

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

угловая жесткость для "абс." жестких величин (RGD\_ROT) 1.00000E+14  
 сдвиговой коэффициент для труб (PSHEAR) 2.00  
 коэффициент для учета растяжения в гйбах (BAXIAL) 1.00  
 сдвиговой коэффициент для гйбов (BSHEAR) 2.00  
 мнж-ль для толщины стенки при моделир-нии арматуры (V\_STF) 3.00  
 макс. число итераций при выполн. нелин. расчетов (NL\_MAXIT) 99  
 точность при определении силы трения (NL\_FTOL) 0.010  
 точность при определении реакции нелинейной опоры (NL\_RTOL) 0.010  
 порог деформации при проскальзывании (NL\_STOL) 0.100  
 ускорение свободного падения (GRAV) 9806.65  
 точность определения векторов собств. колебаний (FREQ\_TOL) 1.00000E-05  
 модуль упр-ти для формирования матрицы жесткости (E\_MOD) HOT  
 критерий "отрыва" односторонних весовых опор (LIFT) 2.0 мм  
 минимально-допустимая длина элемента (EL\_LEN) 1.0 мм  
 жесткость для определения нагрузки на пружины (RGD\_SPR) 1.00E+09 Н/мм

# >>> ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА:

предельная частота (FMAX) 33, Гц  
 Учет высших форм (MCOM = 2) да  
 запись форм колебаний (FREQ\_OUT 1) да

Линейно - спектральный метод (DYN=1):

суммирование между группами опор ABS  
 учет сейсмических смещений опор (SAM) нет  
 учет SAM при вычислении напряжений нет  
 метод модальной комбинации SRSS

## Характеристики КЭ Модели:

- число узлов 52 - Общая длина трубопровода 82.26 м  
 - число ветвей 8  
 - число КЭ 51

## Весовые характеристики:

- Вес материала трубопровода: 196207 Н  
 - Вес среды трубопровода: 45637 Н  
 - Вес изоляции: 0 Н  
 - Сосредоточенные массы: 0 Н

Общий вес трубопровода: 241844 Н

## >>> Таблица 1. Координаты узлов расчетной модели, мм

Метка узла	X	Y	Z
1	0.0	0.0	0.0
2	100.0	0.0	0.0
3	100.0	-1100.0	0.0
4	0.0	-1100.0	0.0
5	-590.0	-1100.0	0.0
6	-1190.0	-1100.0	0.0

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. име. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	№ 243/12-09-Р.1.				Лист
									25
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

7	-1200.0	-1100.0	0.0
8	-1460.0	-1100.0	0.0
9	-590.0	0.0	0.0
10	-1190.0	0.0	0.0
11	-1750.0	0.0	0.0
12	-2050.0	0.0	0.0
13	-1750.0	-1460.0	0.0
14	-1750.0	-1840.0	380.0
15	-1750.0	-1840.0	960.0
16	-1750.0	-1840.0	5960.0
17	-1750.0	-1840.0	11444.0
18	-1190.0	-1100.0	348.0
19	-1302.9	-789.9	678.0
20	-1771.4	497.5	678.0
21	-1867.2	760.6	958.0
22	-1867.2	760.6	960.0
23	-1867.2	760.6	5960.0
24	-1867.2	760.6	11444.0
25	-590.0	-1100.0	343.3
26	-590.0	-1196.7	576.7
27	-590.0	-1273.5	653.5
28	-590.0	-1370.1	886.8
29	-590.0	-1370.1	930.1
30	-590.0	-1370.1	5930.1
31	-590.0	-1370.1	11414.1
32	-590.0	0.0	343.3
33	-590.0	96.7	576.7
34	-590.0	173.5	653.5
35	-590.0	270.1	886.8
36	-590.0	270.1	930.1
37	-590.0	270.1	5930.1
38	-590.0	270.1	11414.1
39	-1190.0	0.0	-280.0
40	-1533.8	65.7	-630.0
41	-2350.0	221.8	-630.0
42	-2958.0	338.0	-11.0
43	-2958.0	338.0	960.0
44	-2958.0	338.0	5960.0
45	-2958.0	338.0	11444.0
46	-1200.0	-1100.0	-280.0
47	-1543.8	-1165.7	-630.0
48	-2360.0	-1321.8	-630.0
49	-2968.0	-1438.0	-11.0
50	-2968.0	-1438.0	960.0
51	-2968.0	-1438.0	5960.0
52	-2968.0	-1438.0	11444.0

>>> Таблица 2. Характеристики сечений (трубы)

Метка	OD	t	w1	w2	c1	c2	fw1	fw2	fws	Материал
530x50	530.0	50.0	5.80	0.00	2.5	5.0	1.00	1.00	1.00	16GS
325x32	325.0	32.0	2.27	0.00	1.6	12.0	1.00	1.00	1.00	ST20

Примечания:

Ине. № подл.	Взам. инв. №	Ине. № д/к.т.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.1.

Лист

26

OD - наружный диаметр, мм  
 t - толщина стенки, мм  
 w1 - погонный вес трубы, Н/мм  
 w2 - погонный вес изоляции, Н/мм  
 c1 - суммарная прибавка к толщине стенки, мм  
 c2 - эксплуатационное утонение стенки трубопровода вследствие коррозии, мм  
 fw1 - коэффициент снижения прочности продольного сварного шва  
 fw2 - коэффициент снижения прочности поперечного сварного шва  
 fws - коэффициент снижения циклической прочности продольного сварного шва

>>> Таблица 3. Характеристики отводов.

Узел1	Узел2	Сечение	ANGLE	R	OD	t	Smin	A	FLEX
13	14	325x32	90.0	380.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
18	19	325x32	90.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
20	21	325x32	90.0	280.0	325.0	32.0	32.0	8.0	CODE
25	26	325x32	45.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
27	28	325x32	45.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
32	33	325x32	45.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
34	35	325x32	45.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
39	40	325x32	90.0	350.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
41	42	325x32	90.0	619.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
46	47	325x32	90.0	350.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
48	49	325x32	90.0	619.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE

Примечания:

ANGLE - угол отвода, град  
 R - радиус отвода, мм  
 OD - наружный диаметр, мм  
 t - толщина стенки, мм  
 Smin - минимальная толщина стенки, мм  
 A - овальность, %  
 FLEX - коэффициент податливости (CODE - вычисляется программой автоматически)

>>> Таблица 6. Режимы работы

Режим	Нагрузочная группа	T	P	CSG
NUE	LG1	180.60	12.00	1.00
	LG2	201.40	12.00	1.00
TEST	LG1	20.00	17.50	1.00
	LG2	20.00	17.50	1.00

Примечания:

T - температура, °C  
 P - давление, МПа  
 CSG - плотность (в долях от плотности воды)

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата



>>> Таблица 7. Конечно - элементная модель (геометрия).

Узел1	Узел2	Элемент	DX	DY	DZ	L/R
1		FROM	1.00000	0.00000	0.00000	
1	2	RIGID	1.00000	0.00000	0.00000	100.00
2	3	RIGID	0.00000	-1.00000	0.00000	1100.00
3	4	RIGID	-1.00000	0.00000	0.00000	100.00
4	5	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	590.00
5	6	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	600.00
6	7	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	10.00
7	8	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	260.00
1		FROM	-1.00000	0.00000	0.00000	
1	9	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	590.00
9	10	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	600.00
10	11	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	560.00
11	12	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	300.00
11		FROM	0.00000	-1.00000	0.00000	
11	13	PIPE	0.00000	-1.00000	0.00000	1460.00
13	14	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	380.00
14	15	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	580.00
15	16	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
16	17	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
6		FROM	0.00000	0.00000	1.00000	
6	18	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	348.00
18	19	BEND	-0.34202	0.93969	0.00000	330.00
19	20	PIPE	-0.34202	0.93969	0.00000	1370.00
20	21	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	280.00
21	22	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	2.00
22	23	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
23	24	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
5		FROM	0.00000	0.00000	1.00000	
5	25	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	343.31
25	26	BEND	0.00000	-0.70711	0.70711	330.00
26	27	PIPE	0.00000	-0.70711	0.70711	108.62
27	28	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	330.00
28	29	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	43.31
29	30	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
30	31	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
9		FROM	0.00000	0.00000	1.00000	
9	32	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	343.31
32	33	BEND	0.00000	0.70711	0.70711	330.00
33	34	PIPE	0.00000	0.70711	0.70711	108.62
34	35	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	330.00
35	36	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	43.31
36	37	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
37	38	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
10		FROM	0.00000	0.00000	-1.00000	
10	39	PIPE	0.00000	0.00000	-1.00000	280.00
39	40	BEND	-0.98221	0.18778	0.00000	350.00

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дур.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-P.1.

Лист

28

40	41	PIPE	-0.98221	0.18778	0.00000	831.02
41	42	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	619.00
42	43	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	971.00
43	44	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
44	45	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
7		FROM	0.00000	0.00000	-1.00000	
7	46	PIPE	0.00000	0.00000	-1.00000	280.00
46	47	BEND	-0.98221	-0.18778	0.00000	350.00
47	48	PIPE	-0.98221	-0.18778	0.00000	831.02
48	49	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	619.00
49	50	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	971.00
50	51	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
51	52	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00

Примечания:

DX, DY, DZ - направляющие косинусы  
L/R - длина элемента/радиус отвода, мм

Элементы:

PIPE - прямая труба  
BEND - криволинейный отвод (гиб)  
CS MITER BEND - секторное колено  
REDU - переход (редуцер)  
RIGID - жесткий элемент  
FLEX - упругий элемент  
VALV - задвижка, арматура  
BELLOW - компенсатор  
STRUCT - балка  
CS - монтажная растяжка

>>> Таблица 7.а Конечно - элементная модель (характеристики элементов).

Узел1	Узел2	Элемент	Сечение	Напр. группа	Доп. данные
1		FROM		A/S	
1	2	RIGID	530x50	LG1	
2	3	RIGID	530x50	LG1	
3	4	RIGID	530x50	LG1	A/S
4	5	PIPE	530x50	LG1	Tee
5	6	PIPE	530x50	LG1	Tee
6	7	PIPE	530x50	LG1	Tee
7	8	PIPE	530x50	LG1	
1		FROM			
1	9	PIPE	530x50	LG2	Tee
9	10	PIPE	530x50	LG2	Tee
10	11	PIPE	530x50	LG2	Tee
11	12	PIPE	530x50	LG2	
11		FROM			
11	13	PIPE	325x32	LG2	
13	14	BEND	325x32	LG2	
14	15	PIPE	325x32	LG2	R
15	16	PIPE	325x32	LG2	R

16	17	PIPE	325x32	LG2	
6		FROM			
6	18	PIPE	325x32	LG1	
18	19	BEND	325x32	LG1	
19	20	PIPE	325x32	LG1	
20	21	BEND	325x32	LG1	
21	22	PIPE	325x32	LG1	R
22	23	PIPE	325x32	LG1	R
23	24	PIPE	325x32	LG1	
5		FROM			
5	25	PIPE	325x32	LG1	
25	26	BEND	325x32	LG1	
26	27	PIPE	325x32	LG1	
27	28	BEND	325x32	LG1	
28	29	PIPE	325x32	LG1	R
29	30	PIPE	325x32	LG1	R
30	31	PIPE	325x32	LG1	
9		FROM			
9	32	PIPE	325x32	LG2	
32	33	BEND	325x32	LG2	
33	34	PIPE	325x32	LG2	
34	35	BEND	325x32	LG2	
35	36	PIPE	325x32	LG2	R
36	37	PIPE	325x32	LG2	R
37	38	PIPE	325x32	LG2	
10		FROM			
10	39	PIPE	325x32	LG2	
39	40	BEND	325x32	LG2	
40	41	PIPE	325x32	LG2	
41	42	BEND	325x32	LG2	
42	43	PIPE	325x32	LG2	R
43	44	PIPE	325x32	LG2	R
44	45	PIPE	325x32	LG2	
7		FROM			
7	46	PIPE	325x32	LG1	
46	47	BEND	325x32	LG1	
47	48	PIPE	325x32	LG1	
48	49	BEND	325x32	LG1	
49	50	PIPE	325x32	LG1	R
50	51	PIPE	325x32	LG1	R
51	52	PIPE	325x32	LG1	

Примечания:

W - сосредоточенный вес      SH - пружинная подвеска  
 F - сосредоточенные сила/момента      RH - жесткая подвеска  
 A/S - жесткая опора      Tee - тройник  
 R - опора      D - демпфер  
 Gap - упор с зазором      U - амортизатор  
 Wld - сварной шов      d.F - динамическая сила  
 Out - Вывод отв. кин. и сил. пар-ров

Име. № подл.	Взам. име. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	
Име. № подл.	Взам. име. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <p>Изм.</p> <p>Лист</p> <p>№ документа</p> <p>Подпись</p> <p>Дата</p> </div> <div> <p>№ 243/12-09-P.1.</p> </div> <div> <p>Лист</p> <p>30</p> </div> </div>				

&gt;&gt;&gt; Таблица 8. Тройники

Узел	----- корпус -----			----- штуцер -----			Ks	As
	DR	TR	CR	DB	TB	TW		
5	530.00	50.00	7.50	325.00	32.00	32.00	3.51	3.46
6	530.00	50.00	7.50	325.00	32.00	32.00	3.51	3.46
7	530.00	50.00	7.50	325.00	32.00	32.00	3.51	3.46
9	530.00	50.00	7.50	325.00	32.00	32.00	3.51	3.46
10	530.00	50.00	7.50	325.00	32.00	32.00	3.51	3.46
11	530.00	50.00	7.50	325.00	32.00	32.00	3.51	3.46

Примечания:

DR - диаметр корпуса, мм  
 TR - толщина стенки корпуса, мм  
 CR - суммарная прибавка к толщине стенки корпуса, мм  
 DB - диаметр штуцера, мм  
 TB - толщина стенки штуцера, мм  
 TW - утолщение штуцера в районе приварки к прямой трубе, мм  
 Ks - коэффициент концентрации местных изгибных напряжений (ПНАЭ)  
 As - коэффициент концентрации тангенциальных напряжений на кромке отверстия (ПНАЭ)

&gt;&gt;&gt; Таблица 9. Жесткие элементы

Узел1	Узел2	Stf	Exp	W1	W2	W3
1	2	10.00	1.00			
2	3	10.00	1.00			
3	4	10.00	1.00			

Примечания:

Stf - коэффициент жесткости  
 Exp - множитель температурных расширений  
 w1/w2/w3 - вес элемента/изоляции/среды, Н

&gt;&gt;&gt; Таблица 10. Анкерные и 6-компонентные опоры

Узел	CNODE	type	CS	GRP	STX(A)	STY(H)	STZ(N)	SRX(A)	SRY(H)	SRZ(N)	Re-lease
1	sup	G 1	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	
4	sup	G 1	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	

Примечания:

CNODE - узел для связи  
 type - тип опоры: anch - анкер; sup - 6-компонентная опора  
 CS - система координат для задания жесткостей опоры (G - глоб., L - лок.)  
 GRP - группа опор

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

STX, STX, STZ - поступательные компоненты жесткости, Н/мм (rigid - жесткая опора)  
 SRX, SRX, SRZ - угловые компоненты жесткости, Н\*мм/рад (rigid - жесткая опора)  
 Release - освобождаемые степени свободы для выбора пружинных подвесок  
 (0 - освобождена, 1 - закреплена)

>>> Таблица 11. Скользящие, направляющие и однокомпонентные опоры

Узел	CNODE	type	CS	GRP	stif	fric	gap	DX	DY	DZ
15	slid	G	1	rigid	0.30	(+)		1.0		
16	guid		1	rigid	0.30	(+/-)				
22	slid	G	1	rigid	0.30	(+)		1.0		
23	guid		1	rigid	0.30	(+/-)				
29	slid	G	1	rigid	0.30	(+)		1.0		
30	guid		1	rigid	0.30	(+/-)				
36	slid	G	1	rigid	0.30	(+)		1.0		
37	guid		1	rigid	0.30	(+/-)				
43	slid	G	1	rigid	0.30	(+)		1.0		
44	guid		1	rigid	0.30	(+/-)				
50	slid	G	1	rigid	0.30	(+)		1.0		
51	guid		1	rigid	0.30	(+/-)				

Примечания:

тип опоры (type): система координат опоры (CS):

slid - скользящая опора G - глобальная  
 guid - скользяще - направляющая опора L - локальная  
 rstr - однокомпонентная опора S - произвольно направленная опора  
 rot - угловая однокомпонентная опора

CNODE - узел для связи  
 GRP - группа опор  
 stif - жесткость, Н/мм  
 fric - коэффициент трения  
 gap - зазор, мм  
 (+),(-) - направление выбора зазора, относительно линии действия опоры  
 DX, DY, DZ - направления действия опоры: axial - вдоль оси трубы,  
 lateral - вдоль локальной оси H, normal - вдоль оси V

>>> Таблица 12. Спектры ответа (Группа опор N 001, 'Spectral', INT= 0)

N	X-DIR		Y-DIR		Z-DIR	
точки	част.	ускор.	част.	ускор.	част.	ускор.
1	1.00	0.84	1.00	0.84	1.00	0.36
2	2.00	2.40	2.00	2.40	2.00	0.60
3	4.00	3.24	4.00	3.24	4.00	1.56
4	8.20	3.20	8.20	3.20	11.50	0.72
5	12.20	1.44	12.20	1.44	22.00	0.48
6	22.00	0.90	22.00	0.90	35.00	0.30
7	35.00	0.50	35.00	0.50		
MULT	1.00		1.00		1.00	

DMAX	0.00	0.00	0.00
------	------	------	------

Примечания:

част. - частота, Гц  
ускор. - спектральное ускорение, (в долях g)  
MULT - масштабный коэффициент  
DMAX - сейсмическое смещение группы опор, мм  
INT - способ интерполяции для промежуточных точек:  
0 (LIN-LIN); 1 (LOG-LIN); 10 (LIN-LOG); 11 (LOG-LOG)

>>> Таблица 13. Задание на расчет

LC	Тип	Режим	Нагрузка	FRIC	PEND	NLS	HANG	PE
LC1	OPER_A	\$COLD	W+P+T+D	+	+	YES	-	- Этап IV ('холодная нагрузка')
LC2	OPER_B	NUE	W+P+T+D	+	+	YES	+	- Этап II (полная нагрузка)
LC3	SUST_C	NUE	W+P	-	-	REF	-	- Этап I
LC4	OPER_B	\$COLD	W+P+T+D	+	+	YES	+	- Этап IV ('холодная нагрузка')
LC5	OPER_B	TEST	W+P+T+D	+	+	YES	+	-
LC6	SUST_C	TEST	W+P	-	-	REF	-	-
LC7	MODAL	NUE		-	+	REF	+	- Модальный анализ

Примечания:

Тип - тип расчета:

Нагрузка:

DSGN -> опр-е рабочей нагрузки для пруж. подвесок W - весовая нагрузка  
OPER\_A -> расчет на полную нагрузку (тип A) P - давление  
OPER\_B -> расчет на полную нагрузку (тип B) T - температурная нагрузка  
SUST\_A -> расчет на весовую нагрузку (тип A) F - сосредоточенные силы  
SUST\_C -> расчет на весовую нагрузку (тип C) D - смещения опор  
MODAL -> модальный анализ CS - монтажная растяжка  
WP - распространение сейсм. волны

FRIC - учет сил трения в опорах

Режим:

PEND - учет "маятникового" эффекта для подвесок \$COLD - хол. сост.

HANG - учет жесткости упругих опор

NLS - способ учета нелинейных опор

PE - учет осевых деформаций от давления

>>> Таблица 14. Задание на постпроцессорную обработку результатов

LS	Тип	ссылка на результаты	правило	вывод
LS1	S2_NUE	LC3	SUM	+ Напряжения S2 (НУЭ)
LS2	SRK	LC2-LC4	SUM	+ Напряжения Srk (НУЭ)
LS3	SAF	LC2-LC4	SUM	+ Напряжения Saf (НУЭ)
LS4	DISP	LC3	SUM	+ Весовые перемещения (НУЭ)
LS5	DISP	LC2-LC4	SUM	+ Видимые перемещения (НУЭ)
LS6	SUPP	LC2	SUM	+ Нагрузки в раб. состоянии
LS7	SUPP	LC4	SUM	+ Нагрузки в хол. состоянии
LS8	S2 HDR	LC6	SUM	+ Напряжения S2 (ГИ)

LS9	SRK	LC5-LC4	SUM	+	Напряжения SRK (Хол.сост.->ГИ)
LS10	SAF	LC5-LC4	SUM	+	Напряжения SAF (Хол.сост.->ГИ)
LS11	SUPP	LC5	SUM	+	Нагрузки при гидроиспытании
LS12	DISP	LC5	SUM	+	Полные перемещения (ГИ)
LS13	DISP	LC6	SUM	+	Перемещения от веса (ГИ)
LS14	DISP	LC5-LC4	SUM	+	Видимые перемещения (Хол.сост.->ГИ)
LS15	S2_PZ1	LC3+ 0.50000*LC7	SUM	+	Напряжения S2 (ПЗ)
LS16	DISP	LC7	SUM	+	Сейсмические перемещения

Примечания:

Напряжения для расчета по ПНАЭ:

S2\_NUE - напряжения категории S2 при нормальной эксплуатации  
 S2\_NNUE - напряжения категории S2 при нарушении нормальной эксплуатации  
 S2\_MRZ - напряжения категории S2 при МРЗ  
 S2\_PZ1 - напряжения категории S2 при ПЗ для 1-ой категории трубопроводов  
 S2\_PZ2 - напряжения категории S2 при ПЗ для 2-ой категории трубопроводов  
 S2\_HDR - напряжения категории S2 (гидроиспытания)  
 SRK - напряжения категории SRK  
 SAF - напряжения категории SAFk

DISP - вывод перемещений  
 SUPP - вывод реакций опор  
 FORC - вывод внутренних усилий

>>>> Таблица 15. Данные для оценки накопленной повреждаемости

История нагружения	Число циклов
LC004 -> LC002	1000
LC004 -> LC005	100

### Сводные таблицы по результатам расчета

Таблица 9.1. Максимальные напряжения категории S2 (НУЭ) + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения S2 (НУЭ)>
PIPE	11	13	100	170	0.59	
BEND	13	14	124	170	0.73	
TEE	9		78	187	0.42	

Таблица 9.2. Максимальные напряжения категории SRK + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения Srk (НУЭ)>
PIPE	11	13	89	387	0.23	
BEND	18	19	206	395	0.52	
TEE	11		158	421	0.38	

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата						Лист
										34
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.1.					

Таблица 9.3. Максимальные напряжения категории SAF

+ проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения Saf (НУЭ)>
PIPE	11	13	43	277	0.16	
BEND	46	47	150	277	0.54	
TEE	11		98	277	0.35	

Таблица 9.4. Максимальные напряжения категории S2 (Гидроиспытания) + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения S2 (ГИ)>
PIPE	11	13	146	245	0.60	
BEND	13	14	181	245	0.74	
TEE	9		103	278	0.37	

Таблица 9.5. Максимальные напряжения категории SRK

+ проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения SRK (Хол.сост.->ГИ)>
PIPE	11	13	129	424	0.30	
BEND	32	33	241	424	0.57	
TEE	5		158	479	0.33	

Таблица 9.6. Максимальные напряжения категории SAF

+ проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения SAF (Хол.сост.->ГИ)>
PIPE	11	13	63	277	0.23	
BEND	32	33	199	277	0.72	
TEE	5		103	277	0.37	

Таблица 9.7. Максимальные напряжения категории S2 (ПЗ, 1 категория) + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения S2 (ПЗ)>
PIPE	10	39	101	209	0.48	
BEND	39	40	125	209	0.60	
TEE	9		123	230	0.53	

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата



-----  
Таблица 9.8. Расчет накопленной повреждаемости + проходит

-----  
элемент. Уравн. узел1 узел2 расчет допуск. FS  
-----

PIPE	Srk	11	13	129	424	0.30
BEND	Srk	32	33	241	424	0.57
TEE	Srk	11		158	421	0.38
PIPE	Saf	11	13	64		
BEND	Saf	32	33	204		
TEE	Saf	5		111		
PIPE	CUF	4	5	0.001	1.00	0.00
BEND	CUF	46	47	0.039	1.00	0.04
TEE	CUF	11		0.006	1.00	0.01

-----

Таблица 9.9. Максимальные перемещения.

Узел	X	Y	Z	XX	YY	ZZ	
38	0	0	0	0.000	0.000	0.000	Весовые перемещения (НУЭ)
45	9	-1	24	0.000	0.002	0.000	Видимые перемещения (НУЭ)
45	0	0	0	0.000	0.000	0.000	Полные перемещения (ГИ)
45	0	0	0	0.000	0.000	0.000	Перемещения от веса (ГИ)
45	0	0	0	0.000	0.000	0.000	Видимые перемещения (Хол.сост.->ГИ)
45	43	43	0	0.010	0.010	0.002	Сейсмические перемещения

-----

Примечания:

X,Y,Z - перемещения, мм;

XX, YY, ZZ - углы поворотов, рад.

Таблица 9.10. Максимальные нагрузки на опоры.

-----  
Узел type CS FX(A) FY(H) FZ(N) MX(A) MY(H) MZ(N)  
-----

Нагрузки в раб. состоянии

4	sup	G	110312	5678923	-126222	-8736	-151103	-13164437
1	sup	G	9517232357248	-125908		18967	-158480	13165347
23	guid	L	3011	6470	3567			
		G	-3567	6470	3011			

Нагрузки в хол. состоянии

1	sup	G	-7	5	-10349	260	-12360	110
36	slid	G	0	0	-31533			

Нагрузки при гидроиспытании

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

1	sup	G	-8	6	-12816	325	-15286	136
36	slid	G	0	0	-38894			

---

**Примечания:**

CS - система координат (G - глобальная, L - локальная)

FX, FY, FZ - силы, Н

MX, MY, MZ - моменты, Н\*м

A, H, N - локальные оси координат

**Вывод:**

**Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.**

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.1.					Лист
										37

# 10.Расчет шпилек главного разъёма

Расчет выполнен с использованием ПНАЭ Г-7-002-86  
(в соответствии с п. 3 Приложения 5)

## 1. исходные данные для расчета

Материал фланцев - Сталь 20

Материал шпилек - Сталь 30ХМА

Материал мембраны - Сталь 20К

T := 216град С - рабочая температура

$P_{rab} := 21 \text{ кгс/см}^2$  рабочее давление

$P_{gi} := 28 \text{ кгс/см}^2$  давление гидрониспытаний

### 1.1. исходные данные по шпилькам и гайкам

z := 64 количество шпилек

d := 5.2 см, диаметр стержня шпильки

d1 := 4.42 см, диаметр впадин шпильки

$dsr := \frac{d + d1}{2}$  см, средний диаметр шпильки

h' := 4.2 см, высота рабочей части резьбы

H := 4.2 см, высота гайки

D1 := 346.5 см, диаметр окружности шпилек

$\sigma_{v1} := 5702 \text{ кгс/см}^2$  предел прочности

$\sigma_{t1} := 3295 \text{ кгс/см}^2$  предел текучести

$E1 := 2 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$  модуль упругости

### 1.2. исходные данные по фланцам

l := 10 см, толщина в месте крепления

lk := 20.8 см, длина стержня шпильки между нижним торцом гайки первого фланца и верхним торцом второго фланца

do := 5.4 см, диаметр отверстия

$D := \frac{D1 \cdot \pi}{z}$

$\sigma_{v2} := 4550 \text{ кгс/см}^2$  предел прочности

$\sigma_{t2} := 1730 \text{ кгс/см}^2$  предел текучести

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.1.	Лист 38
------	------	-------------	---------	------	------------------	------------

$E2 := 1.9 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$  модуль упругости

1.3. исходные данные по прокладкам (мембранам)

$d2 := 344.5 \text{ см}$ , диаметр прокладки

$b := 5.5 \text{ см}$ , ширина прокладки

$h := 1 \text{ см}$ , толщина прокладок

$q_{\max} := 1250 \text{ кгс/см}^2$  максимальное условное давление

$E3 := 1.85 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$  модуль упругости (условный)

## 2. расчет

2.1. Расчет коэффициента основной нагрузки

$b2 := \sqrt{10 \cdot b}$  эффективная толщина прокладки

коэффициент податливости резьбового соедин

$$\lambda_{рс} := \frac{1k + 0.6 \cdot d}{z \cdot E1 \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi}$$

$$\lambda_{рс} = 8.799 \cdot 10^{-9} \text{ см/кг}$$

Расчет коэффициентов податливости фланцев и прокладок

выполнен на программе ANSYS (аттестат ГАН №145 от 31.10.2002г.).

Бессрочная лицензия для ООО «Ресурс» на использование ANSYS №00497198

коэффициент податливости фланцев

$$\lambda_k := 2.24 \cdot 10^{-6} \text{ см/кг}$$

коэффициент податливости прокладок

$$\lambda_2 := 8.4 \cdot 10^{-8} \text{ см/кг}$$

коэффициент податливости деталей системы шпильки

$$\lambda_1 := \lambda_k + \lambda_{рс}$$

$$\lambda_1 = 2.249 \cdot 10^{-6} \text{ см/кг}$$

коэффициент основной нагрузки

$$\chi := \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

$$\chi = 0.036$$

2.2. Расчет усилия начальной затяжки

$$m := 3.0$$

прокладочный коэффициент (согласно п.п. 3.6.4 ПНАЭ Г-7-002-86)

$$q_0 := \frac{80}{\sqrt{10 \cdot b}}$$

$$q_0 = 10.787 \text{ кгс/см}^2$$

$$P2' := \pi \cdot d2 \cdot b2 \cdot Prab \cdot m$$

кгс, усилие на прокладку в рабочем

$$P2' = 5.057 \cdot 10^5 \text{ состоянии}$$

Подпись и дата

Име. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Име. № подл.

Лист

№ 243/12-09-Р.1.

39

Изм. Лист № документа Подпись Дата



$$Fw' = 9.541 \cdot 10^5 \text{ кгс}$$

усилие в шпильках при ГИ

$$Fw'' := P2 + \chi (0.785 \cdot d2 \cdot Pgi)$$

$$Fw'' = 9.544 \cdot 10^5 \text{ кгс}$$

усилие в шпильках при рабочих условиях

$$Fw''' := P2 + \chi (0.785 \cdot d2 \cdot Prab) + Ft$$

$$Fw''' = 9.527 \cdot 10^5 \text{ кгс}$$

$$Fw := \max(Fw' \ Fw'' \ Fw''')$$

$$Fw = 9.544 \cdot 10^5$$

принимается наибольшее значение  
крутящий момент на одну шпильку

$$Mk := 0.13 \cdot P2 \cdot \frac{d}{z}$$

$$Mk = 1.008 \cdot 10^4 \text{ кгс} \cdot \text{см}$$

напряжение растяжения в шпильке (включая температурные)

$$\sigma_m := \frac{Fw}{0.785 \cdot d1^2 \cdot z}$$

$$\sigma_m = 972.376 \text{ кгс/см}^2$$

напряжение кручения в шпильке

$$\tau_s := \frac{Mk}{0.196 \cdot d1^3}$$

$$\tau_s = 595.454 \text{ кгс/см}^2$$

учет действия сейсмических нагрузок в шпильках

$$M := 3.6 \cdot 10^7 \text{ кгс} \cdot \text{см, изгибающий момент (от сейсмических нагрузок)}$$

$$J := 20400553 \text{ см}^4, \text{ момент инерции сечения шпилек}$$

$$hx := \frac{D1 + d}{2} \text{ см, расстояние от оси до максимально удаленной точки шпилек}$$

$$W := \frac{J}{hx}$$

$$W = 1.16 \cdot 10^5 \text{ см}^3, \text{ момент сопротивления шпилек}$$

$$\sigma_s := \frac{M}{W}$$

$$\sigma_s = 310.315 \text{ кгс/см}^2, \text{ напряжение изгиба в шпильках (от сейсмических нагрузок)}$$

общее напряжение изгиба в шпильке

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.1.	Лист 41
------	------	-------------	---------	------	------------------	------------

$$\int_0^{\frac{D1}{2}} P g_i \cdot x dx$$

$$\sigma_i := \frac{z}{0.1 \cdot d1^3}$$

$\sigma_i = 760.375$  кгс/см<sup>2</sup>, напряжение изгиба (от рабочих нагрузок)

$$\sigma_o := \sigma_i + \sigma_s$$

$$\sigma_o = 1.071 \cdot 10^3$$

напряжение среза резьбы

$$\tau_p := \frac{F_w}{\pi \cdot d1 \cdot h' \cdot z \cdot 0.7 \cdot 0.6}$$

$$\tau_p = 608 \text{ кгс/см}^2$$

Условия прочности по группам

расчетное напряжение	допустимое напряженене	выполняемость условия
$\sigma_m = 972.376$	$\min \left( \frac{\sigma_{v1}}{2.6} \frac{\sigma_{t1}}{2} \right) = 1.647 \cdot 10^3$	да
$\sigma_m + \sigma_o + \tau_s = 2.639 \cdot 10^3$	$\min \left( \frac{\sigma_{v1}}{2.6} \frac{\sigma_{t1}}{2} \right) \cdot 1.7 = 2.801 \cdot 10^3$	да
$\sigma_m + \sigma_o + \tau_s + 5 \cdot \tau_p = 5.681 \cdot 10^3$	Расчетное количество циклов с данной амплитудой 790 по рис.5.9. ПНАЭ Г-7-002-86	да

По результатам расчета условие статической и циклической прочности выполняется

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

№ 243/12-09-Р.1.

Лист

42

## 11. Расчет на циклическую прочность

Определяем эффективный коэффициент концентрации напряжений по рекомендациям, приведенным в гл.20 [14]. Коэффициент вычисляем для зоны примыкания штуцера к корпусу сосуда и для зоны примыкания опоры к корпусу. Используем приложение 2 [14], расчетную схему пластины с отверстием -  $K_\sigma = 1,45$  и схему ступенчатой полосы  $K_\sigma = 1,8$ . Тогда амплитуду напряжений соответствующего цикла в зоне концентрации находим как  $K_\sigma \cdot \sigma_{\text{экв}}$ .

Основные параметры циклов, а именно максимальное условное упругое напряжение цикла  $\sigma_F$  и амплитуда циклического напряжения  $\sigma_{aF}$  сведены в таблицу:

Наименование цикла	$\sigma_F$ , МПа	$\sigma_{aF}$ , МПа	Кол-во циклов
Пуск/останов	475,6	475,6	150
ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ	475,6	70,2	50
ГИ	594,5	594,5	15

### 11.1 Пуск из ХО до ХО

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

#### 1. Исходные данные:

$R_m =$	392	МПа	временное сопротивление материала
$R_{p0.2} =$	216	МПа	предел текучести материала
$Z =$	39	%	относительное сужение образца
$\sigma_F$			максимальное приведенное условное упругое напряжение цикла с учетом коэфф концентрации (по рис. напряженно-деформированного состояния)
$=$	475,6	МПа	
$\sigma_{aF}$			амплитуда циклического напряжения
$=$	475,6	МПа	
$E =$	186000	МПа	модуль упругости материала
$N_o =$	150		наработанное количество циклов, принято исходя из годовой наработки, количества лет в эксплуатации и прогноза

#### 2. Проверка условий применимости формул:

Расчетные формулы применимы при

$$0.7 \geq \frac{R_{p0.2}}{R_m} = 0,55 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

$$10^{12} \geq N_o = 150 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

#### 3. Расчет:

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата					Лист
									43
					№ 243/12-09-Р.1.				
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					





#### 4. Проверка условия

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

**901,4 МПА > 475,60 МПА**

**условие прочности выполняется**

**Максимальное допустимое количество циклов с указанными параметрами 1140**

$$\text{Кп.нуз} = 150/1140 = 0,1315$$

## 11.2 ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ

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

### 1.Исходные данные:

$R_m =$	392	МПа	временное сопротивление материала
$R_{p0.2} =$	216	МПа	предел текучести материала
$Z =$	39	%	относительное сужение образца
$\sigma_F$			максимальное приведенное условное упругое напряжение цикла с учетом коэфф концентрации (по рис. напряженно-деформированного состояния)
$=$	475,6	МПа	
$\sigma_{aF}$			
$=$	70,2	МПа	амплитуда циклического напряжения
$E =$	186000	МПа	модуль упругости материала
			наработанное количество циклов, принято исходя из годовой наработки, количества лет в эксплуатации и прогноза
$N_o =$	50		

## 2. Проверка условий применимости формул:

Расчетные формулы применимы при

$$0.7 \geq \frac{Rp_{02}}{Rm} = 0.55 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

$$10^{12} \geq No = 50 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

### 3.Расчет:

### 3.1. Коэффициент асимметрии цикла

$$r = \frac{\sigma_F - 2\sigma_{aF}}{\sigma_F} = 0.704794$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	=	475,6	МПА		
					$\sigma_{aF}$	=	70,2	МПА	амплитуда циклического напряжения
					E=	186000	МПА	модуль упругости материала	
					No=	50		наработанное количество циклов, принято исходя из годовой наработки, количества лет в эксплуатации и прогноза	
<b>2.Проверка условий применимости формул:</b>									
Расчетные формулы применимы при									
$0.7 \geq \frac{Rp_{02}}{Rm}$									
= 0,55 условие применимости выполняется									
$10^{12} \geq No$									
= 50 условие применимости выполняется									
<b>3.Расчет:</b>									
3.1. Коэффициент асимметрии цикла									
$r = \frac{\sigma_F - 2\sigma_{aF}}{\sigma_F}$									
= 0,704794									
Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	№ 243/12-09-Р.1.				Лист
									45
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

### 3.2. Характеристика прочности Rc

$$R_c = R_m (1 + 1.4 \cdot 10^{-2} \cdot Z) = 606,032 \text{ МПа}$$

### 3.3. Характеристика пластичности $e_c$

$$e_c = 1.15 Lg \frac{100}{100 - Z} = 0,247$$

### 3.4. Характеристики материала m , me и R-1

определяются по таблице 5.7.

$$m = 0,5$$

$$R_{-1} = 0,4 R_m = 156,8 \text{ МПа}$$

$$m_e = 0.1321 \cdot \lg \left( \frac{R_m}{R_{-1}} \cdot (1 + 1.4 \cdot 10^{-2} Z) \right) = 0,078$$

### 3.5. Коэффициенты запаса прочности

$$\begin{aligned} n_{\sigma} &= 2 \text{ по напряжениям} \\ n_N &= 10 \text{ по числу циклов} \end{aligned}$$

### 3.6. Допустимая амплитуда условного упругого напряжения

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{n_{\sigma} (4No)^m} + \frac{R_c}{n_{\sigma} \left[ (4No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r} \right]} = 1665,0 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{(4n_N No)^m} + \frac{R_c}{(4n_N No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r}} = 1106,7 \text{ МПа}$$

### 4. Проверка условия

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

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № экз.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

$$1106,7 \text{ МПА} > 70,20 \text{ МПА}$$

условие прочности выполняется

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

### 11.3 ГИ

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

#### 1.Исходные данные:

$R_m$	=	432	МПА	временное сопротивление материала
$R_{p02}$	=	245	МПА	предел текучести материала
$Z$	=	40	%	относительное сужение образца
$\sigma_F$				максимальное приведенное условное упругое напряжение цикла с учетом коэфф концентрации (по рис. напряженно-деформированного состояния)
	=	594,0	МПА	
$\sigma_{aF}$				амплитуда циклического напряжения
	=	594,0	МПА	
$E$	=	200000	МПА	модуль упругости материала
				наработанное количество циклов, принято исходя из годовой наработки, количества лет в эксплуатации и прогноза
$N_0$	=	50		

#### 2.Проверка условий применимости формул:

Расчетные формулы применимы при

$$0.7 \geq \frac{R_{p02}}{R_m} = 0,57 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

$$10^{12} \geq N_0 = 50 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

#### 3.Расчет:

##### 3.1. Коэффициент асимметрии цикла

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

##### 3.2. Характеристика прочности Rc

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата					Лист
					№ 243/12-09-Р.1.				47
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

$$R_c = R_m (1 + 1.4 \cdot 10^{-2} \cdot Z) = 673,92 \text{ МПа}$$

### 3.3. Характеристика пластичности $e_c$

$$e_c = 1.15 Lg \frac{100}{100 - Z} = 0,255$$

### 3.4. Характеристики материала $m$ , $m_e$ и $R_{-1}$

определяются по таблице 5.7.

$$m = 0,5$$

$$R_{-1} = 0,4 R_m = 172,8 \text{ МПа}$$

$$m_e = 0.1321 \cdot Lg \left( \frac{R_m}{R_{-1}} \cdot (1 + 1.4 \cdot 10^{-2} \cdot Z) \right) = 0,078$$

### 3.5. Коэффициенты запаса прочности

$$\begin{aligned} n_{\sigma} &= 2 \text{ по напряжениям} \\ n_N &= 10 \text{ по числу циклов} \end{aligned}$$

### 3.6. Допустимая амплитуда условного упругого напряжения

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{n_{\sigma} (4No)^m} + \frac{R_c}{n_{\sigma} \left[ (4No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r} \right]} = 2026,8 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{(4n_N No)^m} + \frac{R_c}{(4n_N No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r}} = 1513,2 \text{ МПа}$$

## 4. Проверка условия

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

$$1513,2 \text{ МПа} > 594,00 \text{ МПа}$$

условие прочности выполняется

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

**Максимальное допустимое количество циклов с указанными параметрами 730**

$$K_{п.ги} = 15/730 = 0,0205$$

**Коэффициент повреждаемости (с учетом срока продления на 30 лет):**

$$\begin{aligned} K_{п} &= K_{п.хo-xo} + K_{п.ги} = \\ &= 0,1315 + 0,0205 = 0,152 \\ 0,152 &< 1 \end{aligned}$$

**условие прочности выполняется**

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.1.					Лист
										49

## 12 . Лист регистрации изменений

[illegible]

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-P.1.

Лист

50

### 13. Список использованных источников

1. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. Изд. 2-е, испр. М.:Едиториал УРСС, 2004г. – 272с.
2. Басов К.А. Ansys в примерах и задачах/ Под общ. Ред. Д.А. Красковского.- М.: КомпьютерПресс, 2002.-224 с.:ил.
3. Басов К.А. Ansys: справочник пользователя. – М.:ДМК Пресс, 2005.-640с., ил.
4. Басов К.А. Графический интерфейс комплекса Ansys. – М.:ДМК Пресс, 2006. – 248с., ил.
5. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
6. ГОСТ 24755-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.
7. ГОСТ 26202-84. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
8. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541с.
9. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
10. РД ЭО 0330-01 Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации.
11. Сейсмостойкость атомных электростанций. Кирилов А.П. – М.: Энергоатомиздат, 1985г. –184с.
12. «Прочность, устойчивость, колебания», том.1-3 под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. М., «Машгиз», 1968 г.
13. «Резьбовые и фланцевые соединения» под ред. И.А. Биргера, Г.Б. Иосилевича. – М.: Машиностроение, 1990. – 368с.: ил.
14. Справочник по сопротивлению материалов/ Писаренко Г.С., - 2-е изд., - Киев. 1988г. – 736с.
15. Тепловой анализ в ANSYS/ Методическое пособие – Екатеринбург, «Делкам-Урал», 2006г. – 147с.
16. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	№ 243/12-09-Р.1.	Лист
						51
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		





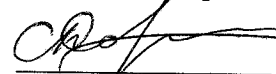
**ПРЕДПРИЯТИЕ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ «РЕСУРС»**

394052, г. Воронеж, ул. Матросова, 127, тел./факс: (4732)71-37-71, e-mail: mail@resurs.vrn.ru

Лицензия Ростехнадзора России №ДО-03-101-1239. Срок действия лицензии – по 30.05.2012 г.

«Утверждаю»

Технический директор ООО «Ресурс»

 С.Н. Доронкин

« 17 » 03 2010

Поверочный расчет на прочность № 243/12-09-Р.2.

Подогревателей высокого давления (тип ПВ-2500-97-28А):

рег. № 296А зав. № 45442, рег. № 297А зав. № 45445

(оперативные наименования ПВД-7А, 7Б)


Разработал:

Ведущий эксперт, к.т.н.  
ООО «Ресурс»

  
(подпись)

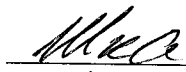
С.Г. Фиш

Инженер  
ООО «Ресурс»

  
(подпись)

А.В. Милютин

Инженер  
ООО «Ресурс»

  
(подпись)

С.И. Ткачев

Проверил:

Начальник отдела  
экспертизы оборудования АЭС  
ООО «Ресурс»

  
(подпись)

В.А. Адамов

г. Воронеж, 2010

## 1. Вводная часть

**1.1.** Задачей настоящего поверочного расчета на прочность подогревателей высокого давления ПВД-7А,6Б является проверка условий статической, циклической (с учетом повреждаемости от всех эксплуатационных нагрузок) и сейсмической прочности при работе на паспортных параметрах на продлеваемый срок службы 30 лет.

**1.2.** Расчет выполнен в соответствии с ПНАЭ Г-7-002-86, и включает следующие разделы:

- расчет на статическую прочность в стационарном режиме, включая тепловой расчет;
- расчет на статическую прочность в режиме ГИ;
- расчет на сейсмическую прочность (НУЭ+ПЗ);
- расчет шпилек главного разъёма;
- расчет на циклическую прочность;
- расчет коэффициента повреждаемости.

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

- на устойчивость (в связи с отсутствием наружного давления и общих сжимающих нагрузок) (п.5.5);
- на длительную циклическую прочность, так как рабочая температура ниже температуры начала ползучести (п.5.7);
- на хрупкую прочность, так как рассчитываемые подогреватели высокого давления не находятся под воздействием нейтронного облучения интенсивностью более  $10^{22}$  нейтр./м<sup>2</sup> 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 неравномерных температурных нагрузок по длине элементов подогревателей высокого давления (п.5.10.1);
- на вибропрочность поскольку действующие вибрационные нагрузки на подогреватели высокого давления незначительны.
- для режимов срабатывания АЗ, изменения мощности реактора, аварийной ситуации т.к. данные режимы не заложены в технической и эксплуатационной документации на изделие и имевшие место нарушения режимов эксплуатации на блоке в целом (с момента пуска до настоящего времени) не могли оказать влияния на прочность подогревателей высокого давления.

## 2. Определение механических характеристик материала

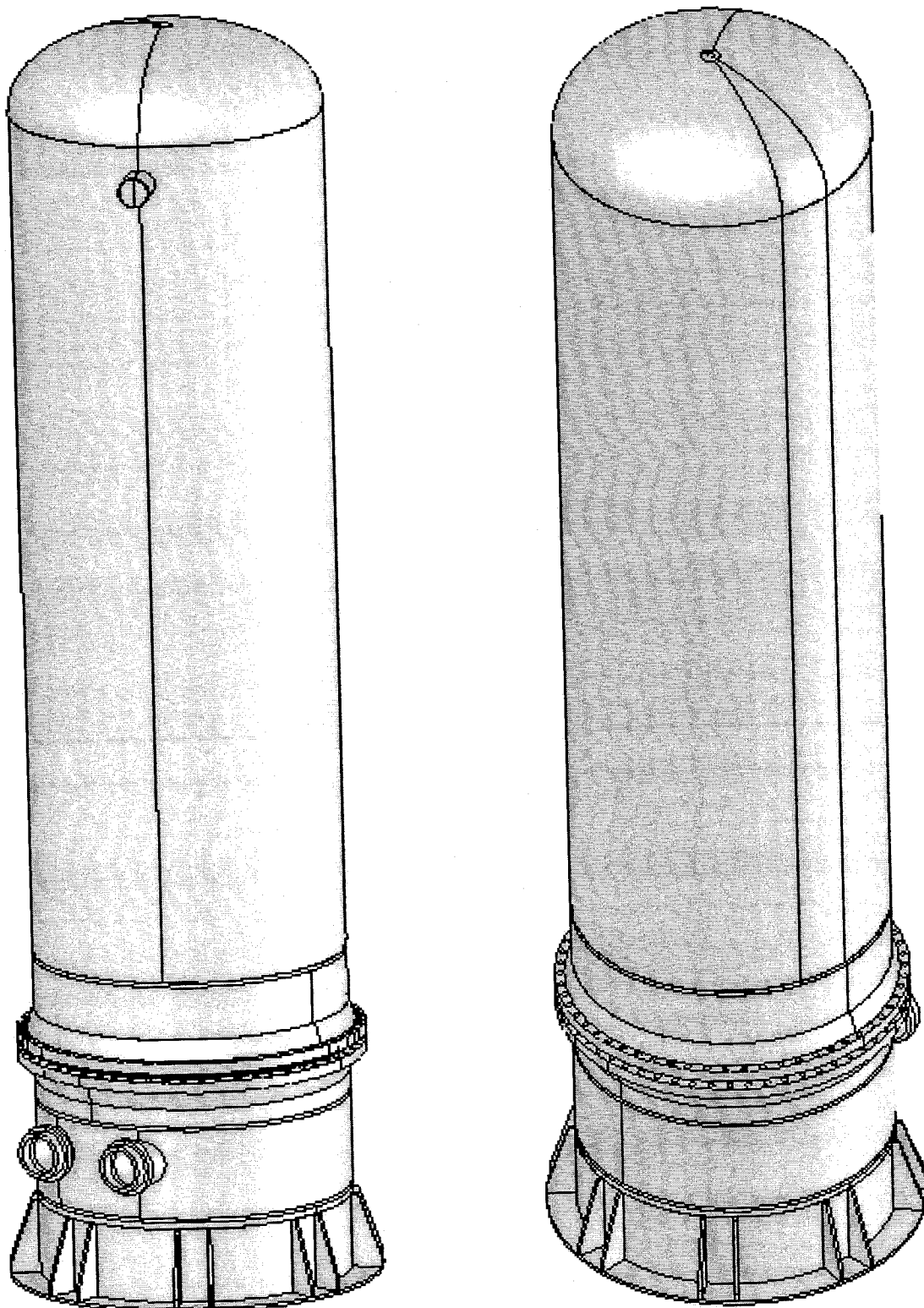
Материал корпусных деталей - сталь 09Г2С-Ш по ТУ 14-1-2072-77, материал трубной системы - колена, трубы, доньшки - сталь 20 по ГОСТ 1050-74; стаканы коллекторов - сталь 16ГС по ГОСТ 8479-70. Максимальная рабочая температура для корпуса 245°C.

Характеристики материала	Сталь 20	Сталь 16ГС	Сталь 09Г2С-Ш
R <sub>m</sub> , МПа	373	392	432
Re (R <sub>p0,2</sub> ), МПа	196	216	216
μ	0,3	0,3	0,3
E·10 <sup>6</sup> , МПа	187000	186000	186000
Z, %	38	39	40
α·10 <sup>6</sup> , 1/°C	12,8	12,7	12,7
q, кг/м <sup>3</sup>	7800	7800	7800

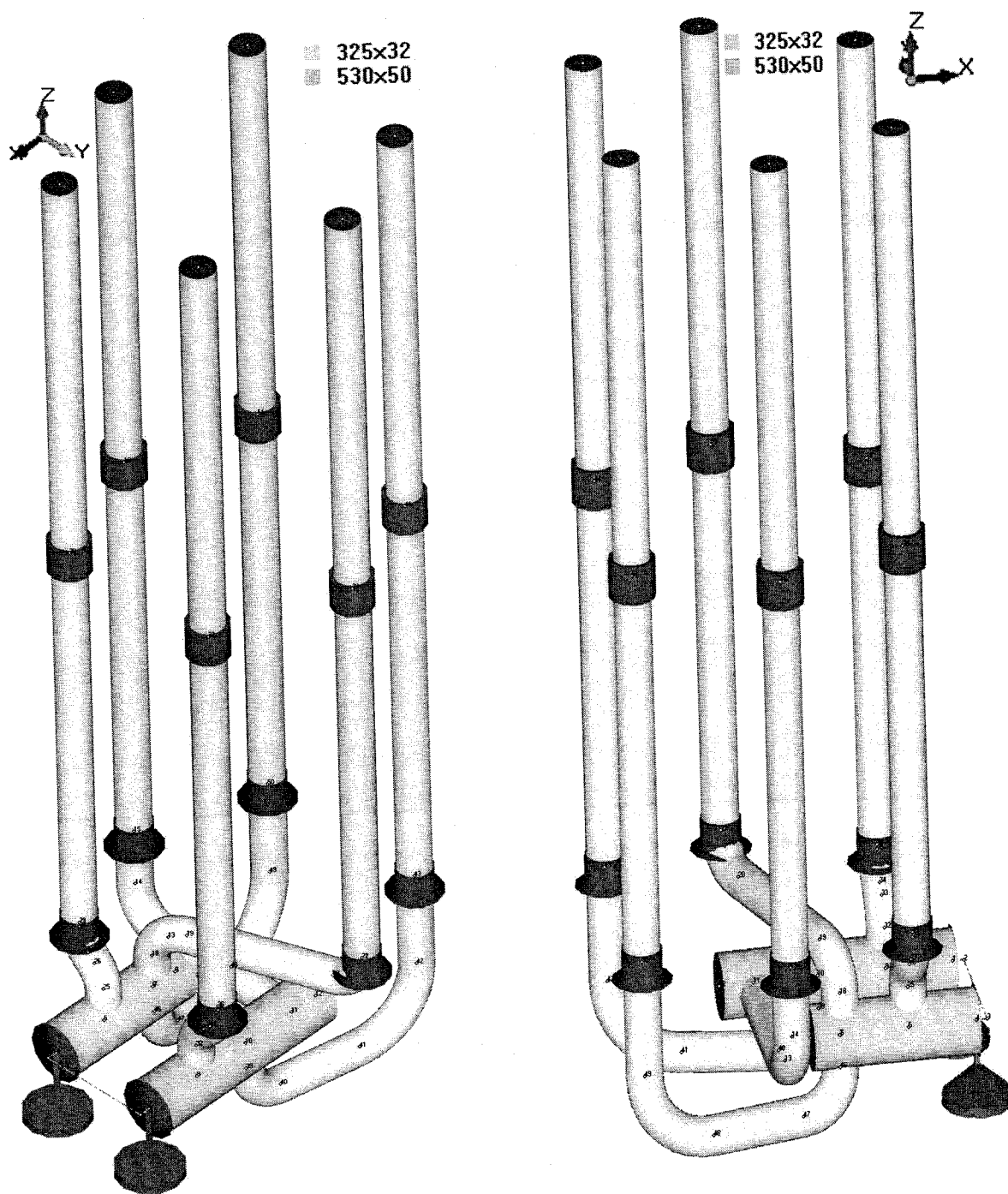
Расчет допустимого напряжения приведен в расчетно-пояснительной записке

### 3. Расчетная схема

Расчетные модели:



модель ПВД



модель трубной системы

Учитывая сложность оболочек и схем нагружения выполнен расчет корпусных деталей ПВД методом конечных элементов (МКЭ) в программе ANSYS (аттестат ГАН №145 от 31.10.2002г., бессрочная лицензия для ООО «Ресурс» на использование ANSYS №00497198), а также трубной системы в программе DPipe (аттестат НТЦ ЯРБ №154 от 28.03.2003 г.)

#### 4. Расчёт ПВД

Расчёт оформлен в виде пояснительной записки и приведен в приложении.

Расчетные данные о геометрических размерах изделия приняты по чертежам из паспортов подогревателей высокого давления, толщина стенки принята из результатов УЗТ с учетом суммарной прибавки.

#### 5. Выводы

**По результатам прочностного расчета подогревателей высокого давления ПВД-7А, 7Б на расчетные параметры:**

Параметр	Значение
Давление в корпусе, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	36 (3,528)
Температура пара на входе, °С	245
Температура конденсата на выходе, °С	230
Давление в трубной системе, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	120 (11,76)
Температура питательной воды на входе, °С	201,4
Температура питательной воды на выходе, °С	224,5

- Количество циклов нагружения с учетом прогноза – пуск из ХО\* до ХО -150,
- Количество циклов ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ – 50,
- Количество циклов ГИ (наработанное+прогноз) - 15,

ХО\* – холодный останов.

**Следует, что условия прочности выполняются для всех элементов. Необходимый запас прочности для продления срока службы на 30 лет имеется.**

**ООО "Ресурс"**

**Подогреватели высокого давления**

**ПВД-7А, 7Б**

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**



№ 243/12-09-Р.2.

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

**Воронеж  
2010 г.**

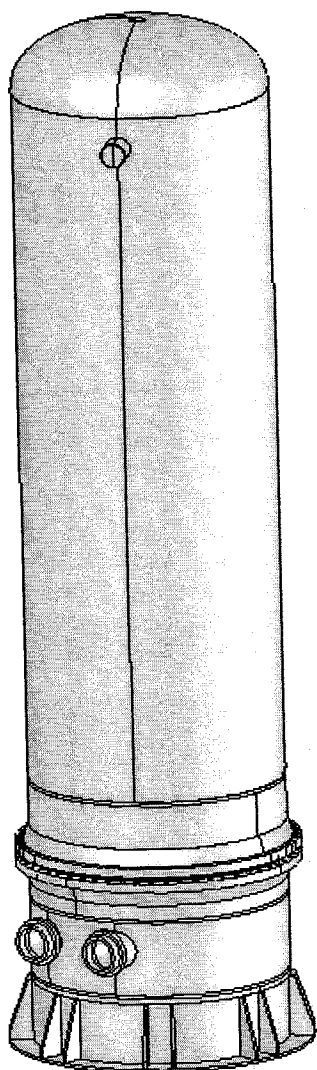
## Вводная часть

Расчет на прочность элементов ПВД выполнен на лицензионных и аттестованных программах ANSYS и DPipe в соответствии с ПНАЭ Г-7-002-86, РД ЭО 0330-01 и литературой приведенной в списке источников.

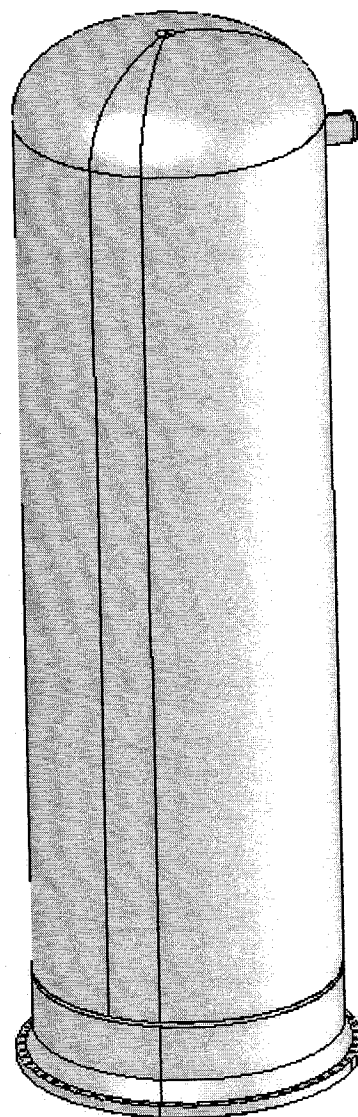
Име. № подл.	Подпись и дата				Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	
Име. № подл.	Подпись и дата				№ 243/12-09-Р.2.			
	Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Подогреватели высокого давления ПВД-7А, 7Б		
	Разраб.	Фиш						
	Проверил	Адамов						
	Расчитал							
	Н. контр.							
	Утвердил							
Расчётно-пояснительная записка						Лит.	Лист	Листов
							2	55
						ООО "Ресурс" г. Воронеж		

# 1. Исходные данные для расчета

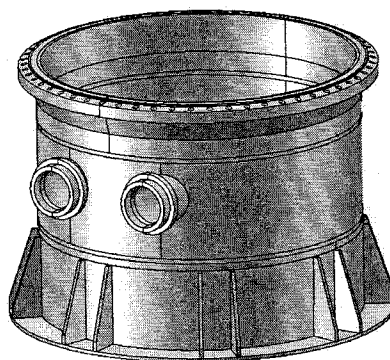
## Расчетные модели



ПВД в сборе



Корпус ПВД



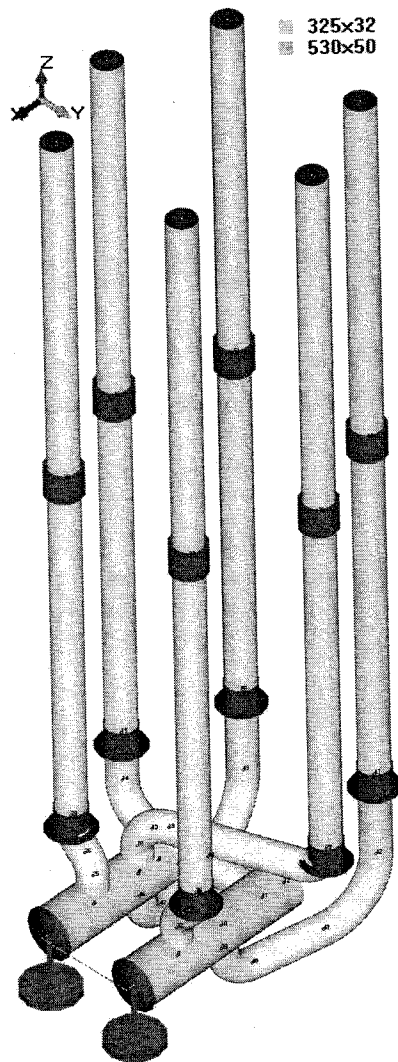
Крышка ПВД

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.2.





Модель трубной системы

Учитывая сложность оболочек и схем нагружения выполнен расчет корпусных деталей ПВД методом конечных элементов (МКЭ) в программе ANSYS (аттестат ГАН №145 от 31.10.2002г., бессрочная лицензия для ООО «Ресурс» на использование ANSYS №00497198), а также трубной системы в программе DPipe (аттестат НТЦ ЯРБ №154 от 28.03.2003 г.)

### Параметры решения для теплового анализа крышки ПВД:

Обозначения величин совпадает с названиями стандартных переменных ANSYS

1. Теплопроводность стали нестационарная:

T, °C	0	100	200	300
Kxx, Вт/м°C	45	43,8	41,9	41,3

2. Удельная теплоёмкость стали нестационарная:

T, °C	0	100	200	300
C, Дж/кг°C	470	486	502	519

3. Плотность – 7800 кг/м<sup>3</sup>;

4. Коэффициент теплопередачи на внутренней поверхности вода-сталь – 1200Вт/м<sup>2</sup>, коэффициент теплопередачи на внешней поверхности опор, не закрытой теплоизоляцией – 15Вт/м<sup>2</sup>. Коэффициенты теплообмена приняты с инженерным допуском т.к. точный их расчет выходит за рамки данной работы.

- Температура среды для корпуса: 245°C – верх, 230,9°C – низ. Для труб питательной воды: 201,4°C – входная труба, 224,5°C – выходная труба.
- Расчет узловых температур проведен для стационарного теплообмена.

#### Параметры решения при НУЭ корпуса и крышки:

- Материал имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости  $E_c=186000$  МПа, коэффициентом Пуассона  $\mu=0,3$ , плотностью  $7800$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициентом температурного расширения  $\alpha=12,7 \cdot 10^{-6}$  1/°C.
- Нагрузки:
  - давление  $36$  кгс/см<sup>2</sup> на внутреннюю поверхность,
  - задание гравитационного ускорения  $9,8$  м/с<sup>2</sup>,
  - задание узловых температур из предварительно проведенного теплового анализа для крышки,
  - приложение продольного усилия на места контакта гаек с фланцем, действующего в замкнутой оболочке, нагруженной внутренним давлением,
  - ограничение перемещений по нижним граням опор в направлении Y и в местах крепления опор в направлении X и Z для крышки,
  - в направлении Y в местах контакта крепежных гаек с тарелкой фланца для расчета верхней части ПВД с учетом уравнивания всех внутренних усилий в направлениях X и Z,
  - задание симметрии по геометрической оси симметрии.
- 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.
- Толщина задана с учетом суммарной прибавки  $1,5$  мм.

#### Параметры решения при НУЭ+ПЗ:

- Параметры решения при НУЭ.
- Коэффициент демпфирования  $\xi=0,02$ .
- Задание спектров ответа (сейсмических ускорений основания), соответственно вдоль осей: X, Y, Z:

По X

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

- 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 ГИ корпуса и крышки:

- Материал имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости  $E_c=200000$  МПа, коэффициентом Пуассона  $\mu=0,3$ , плотностью  $7800$  кг/м<sup>3</sup>.
  - давление  $45$  кгс/см<sup>2</sup> на внутреннюю поверхность,
  - задание гравитационного ускорения  $9,8$  м/с<sup>2</sup>,

- приложение продольного усилия на места контакта гаек с фланцем, действующего в замкнутой оболочке, нагруженной внутренним давлением,
  - ограничение перемещений по нижним граням опор в направлении Y и в местах крепления опор в направлении X и Z для крышки,
  - в направлении Y в местах контакта крепежных гаек с тарелкой фланца для расчета верхней части ПВД с учетом уравнивания всех внутренних усилий в направлениях X и Z,
  - задание симметрии по геометрической оси симметрии.
2. 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.
  3. Толщина задана с учетом суммарной прибавки 1,5 мм.

#### Параметры решения при НУЭ трубной системы:

1. Материал имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости  $E_c=187000$  МПа ( $\varnothing 325 \times 32$ -Ст. 20) и  $186000$  МПа ( $\varnothing 530 \times 50$ -16ГС), коэффициент Пуассона  $\mu=0,3$ , плотностью  $7800$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициентом температурного расширения  $\alpha=12,8 \cdot 10^{-6}$  1/°C и  $12,7 \cdot 10^{-6}$  1/°C соответственно.
2. Нагрузки: давление  $120$  кгс/см<sup>2</sup> на внутреннюю поверхность, задание гравитационного ускорения  $9,8$  м/с<sup>2</sup>, ограничение перемещений по плоскости врезки труб питательной воды ( $\varnothing 530 \times 50$ ), температура для труб питательной воды:  $201,4^\circ\text{C}$  – входная труба,  $224,5^\circ\text{C}$  – выходная труба.
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.
4. Толщина задана с учетом суммарной прибавки – 5 мм.

#### Параметры решения при ГИ трубной системы:

5. Материал имеет линейные изотропные свойства с модулем упругости  $E_c=200000$  МПа, коэффициентом Пуассона  $\mu=0,3$ , плотностью  $7800$  кг/м<sup>3</sup>.
6. Нагрузки: давление  $175$  кгс/см<sup>2</sup> на внутреннюю поверхность, задание гравитационного ускорения  $9,8$  м/с<sup>2</sup>, ограничение перемещений по плоскости врезки труб питательной воды ( $\varnothing 530 \times 50$ ).
7. 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.
8. Толщина задана с учетом суммарной прибавки – 5 мм,

**Расчет на циклическую прочность.** По результатам всех расчетов выполнен расчет на циклическую прочность с учетом:

- Количество циклов нагружения с учетом прогноза – пуск из ХО до ХО -150,
- Количество циклов в режиме УЭ+ – 50,
- Количество циклов ГИ (наработанное+прогноз) - 15.

Выполнен расчет коэффициента повреждаемости.

**Расчет шпилек главного разъёма приведен в разделе 10 настоящего расчета.**

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.2.

## 2. Построение сетки конечных элементов

Сетка состоит из следующих элементов:

элемент solid 95 – для моделирования механики движения стальных элементов.

элемент beam 189 – для моделирования стяжных шпилек главного разъёма.

Для улучшения точности и достоверности дальнейших расчетов при построении сетки использовалась преимущественно опция гексаэдров с предварительной разбивкой модели на простые фигуры.

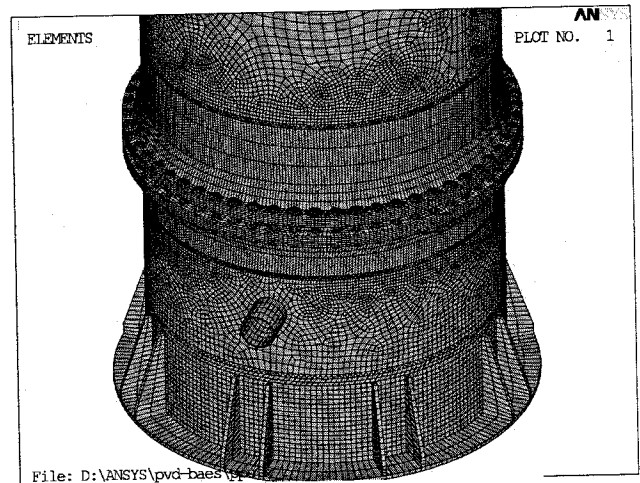
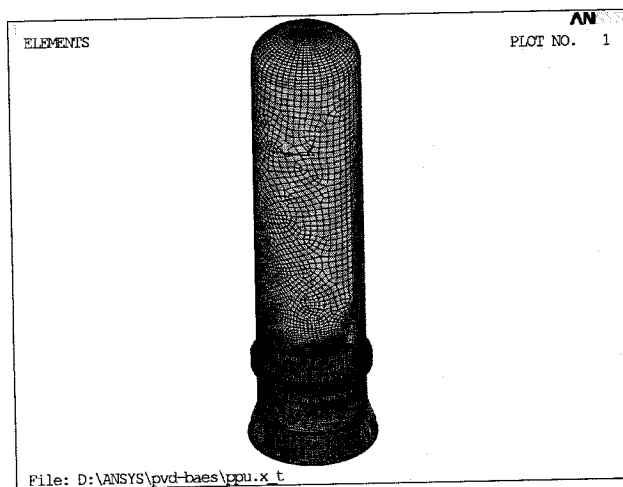


Рис. 1а Модель для расчета на сейсмическое воздействие

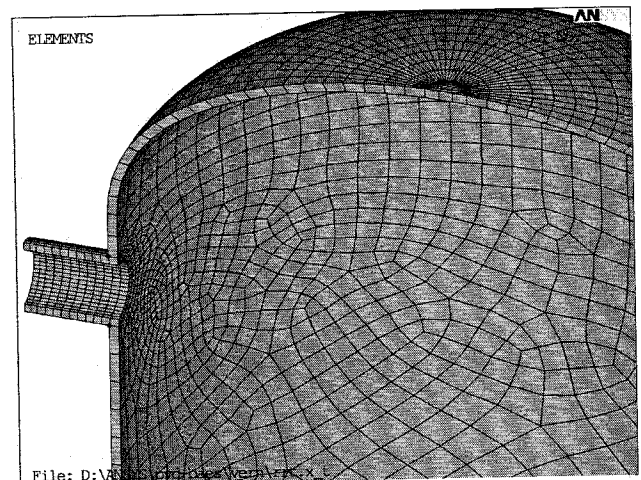
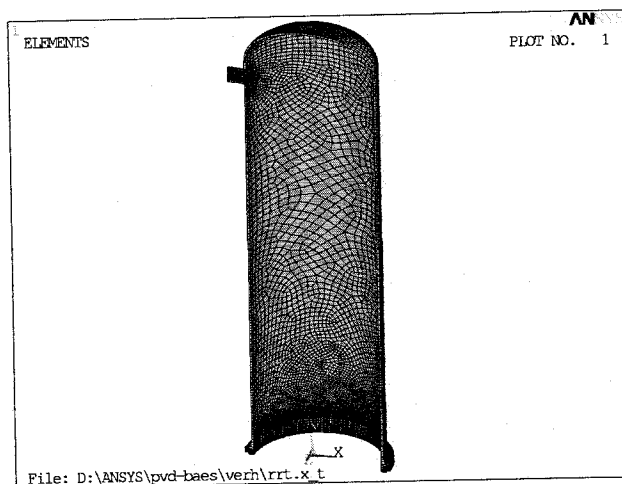


Рис. 16 Модель для расчета верхней части ПВД

Име. № подл.	Подпись и дата	Име. № дубл.	Взам. ине. №	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.2.					Лист
										7

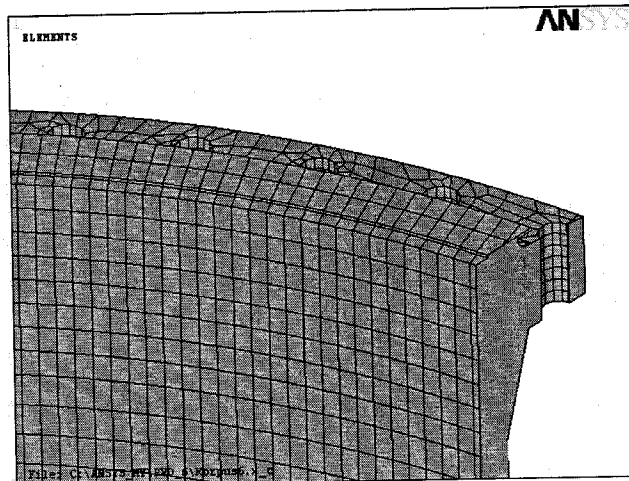
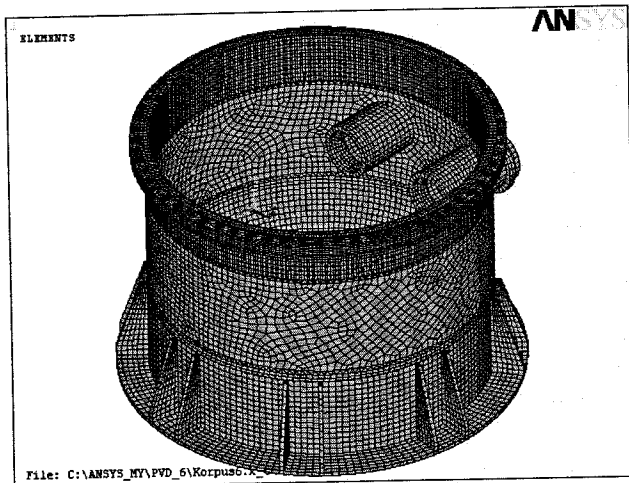


Рис. 1в Сетка конечных элементов нижней части ПВД

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	Име. № подл.	Подпись и дата	№ 243/12-09-Р.2.	Лист
								8
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата				

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

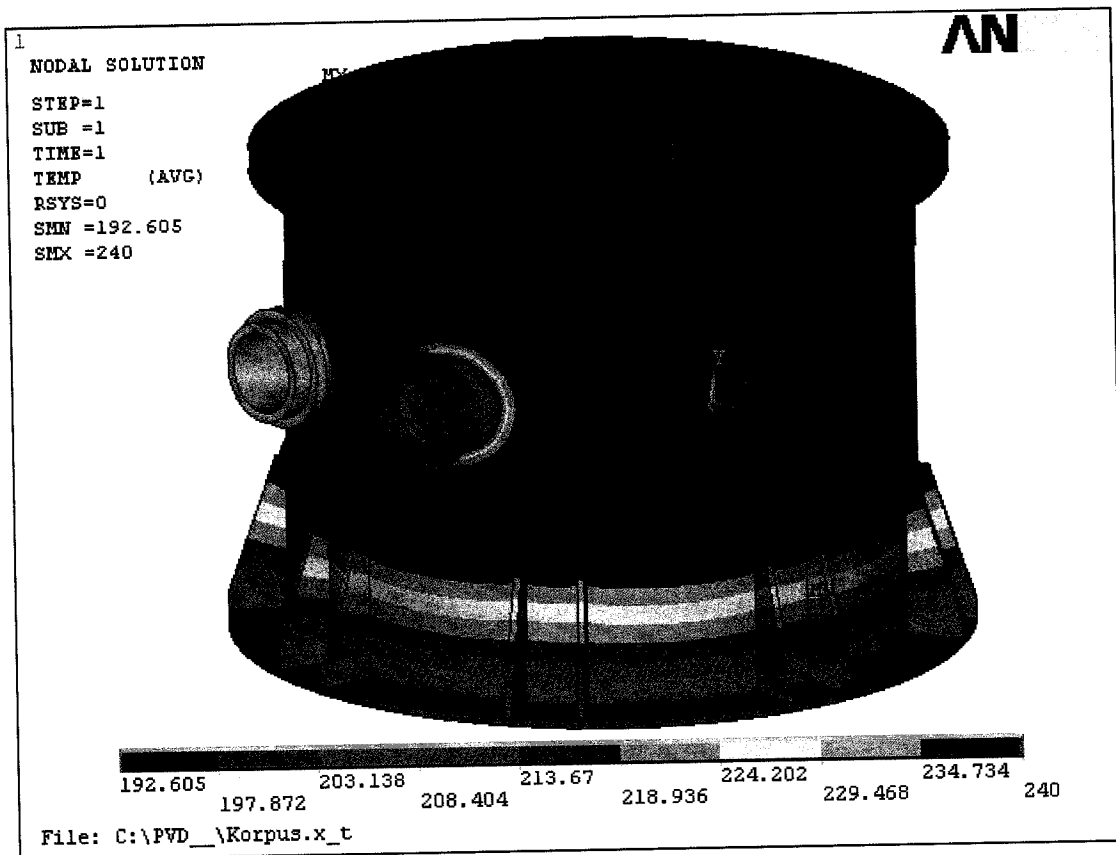
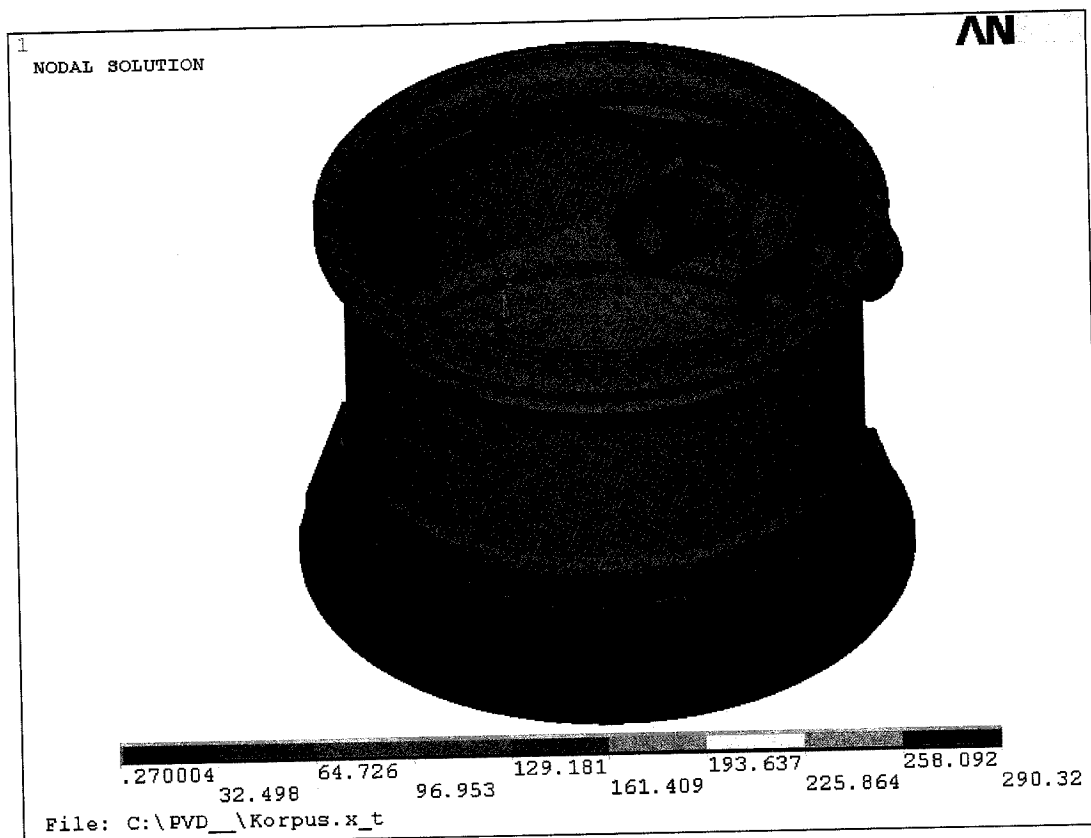
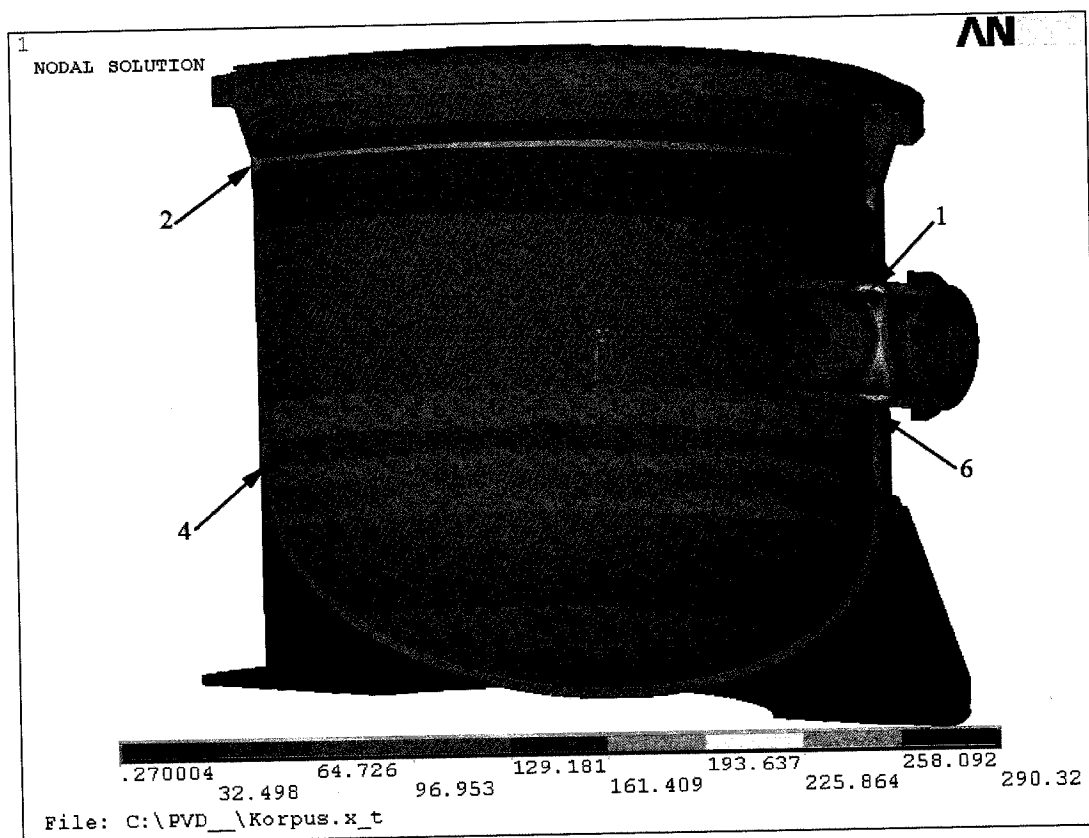


Рис.2. Градиент температуры в рабочем состоянии

#### 4. Расчет на статическую прочность крышки ПВД



а)

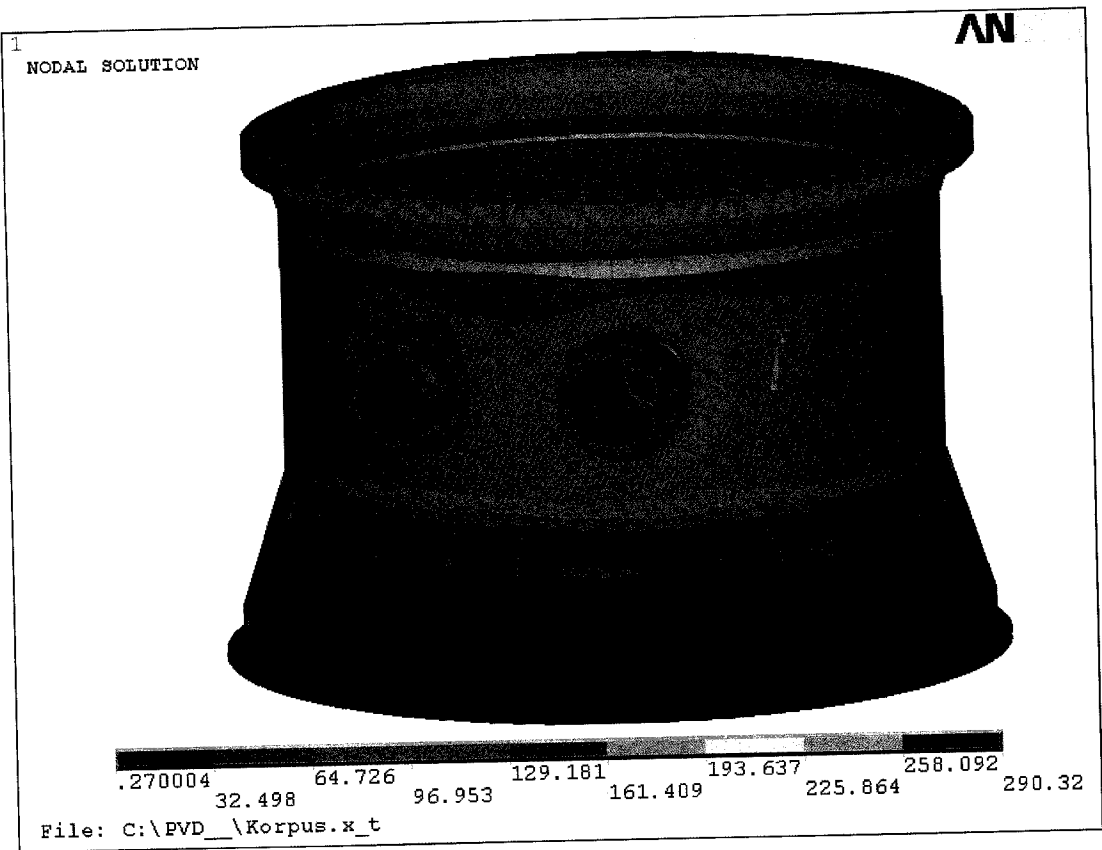


б)

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

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.2.



В)

Рис.3 Напряженно-деформированное состояние модели

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

И.	Л.	№ документа	Подпись	Дата



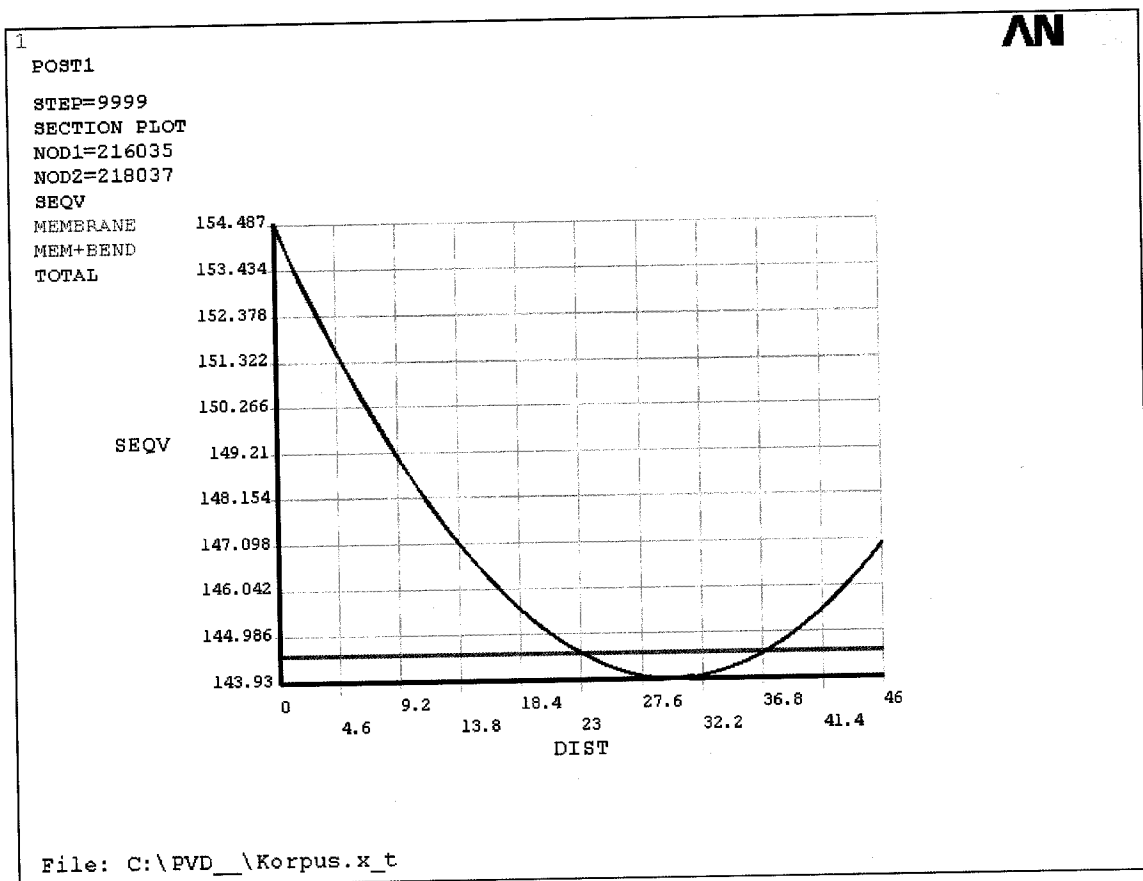


Рис.4 Напряжения для зоны 1

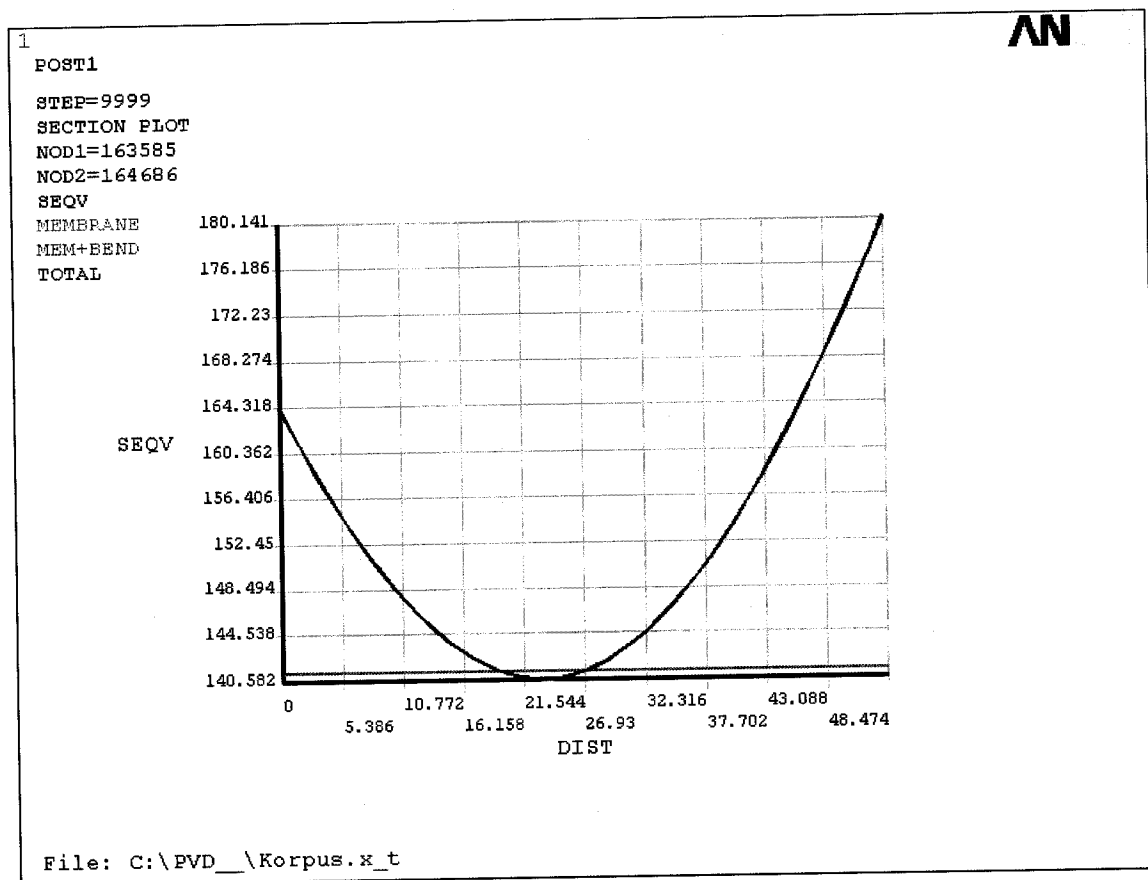


Рис.5 Напряжения для зоны 2

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

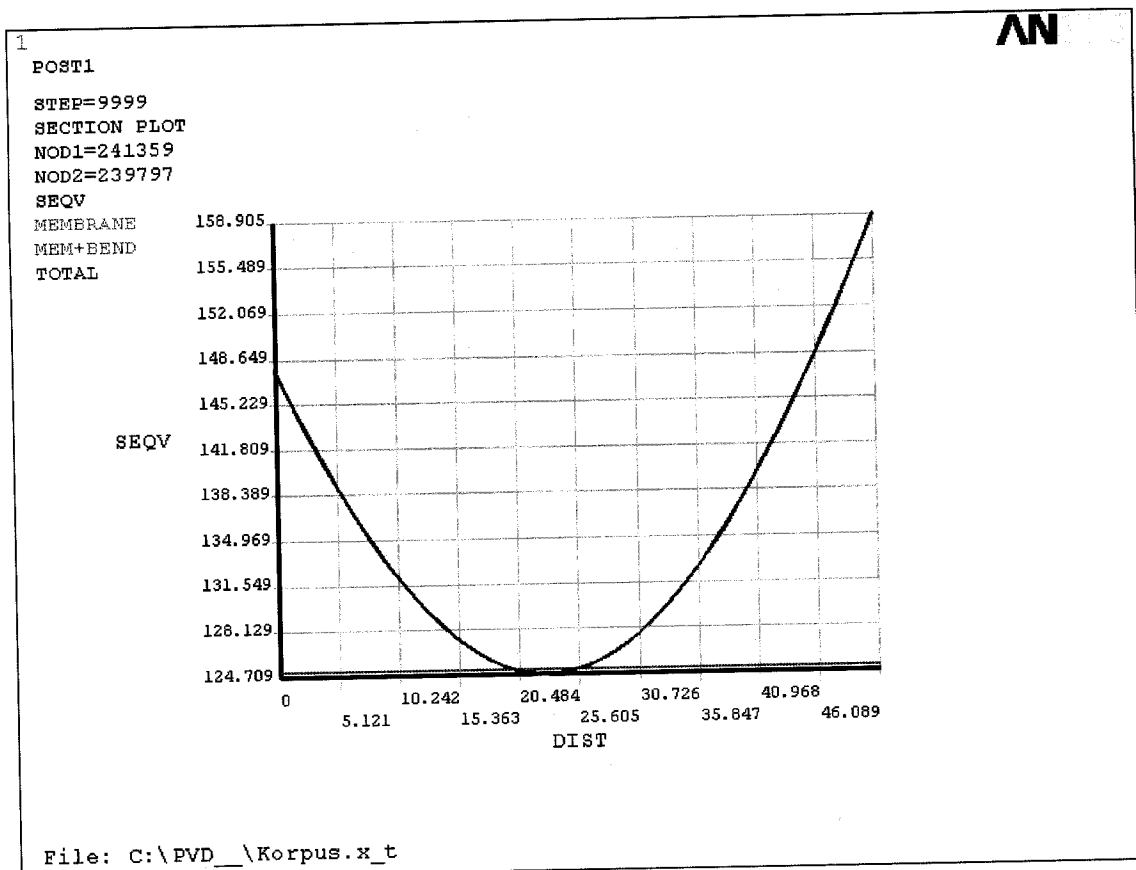


Рис.6 Напряжения для зоны 3

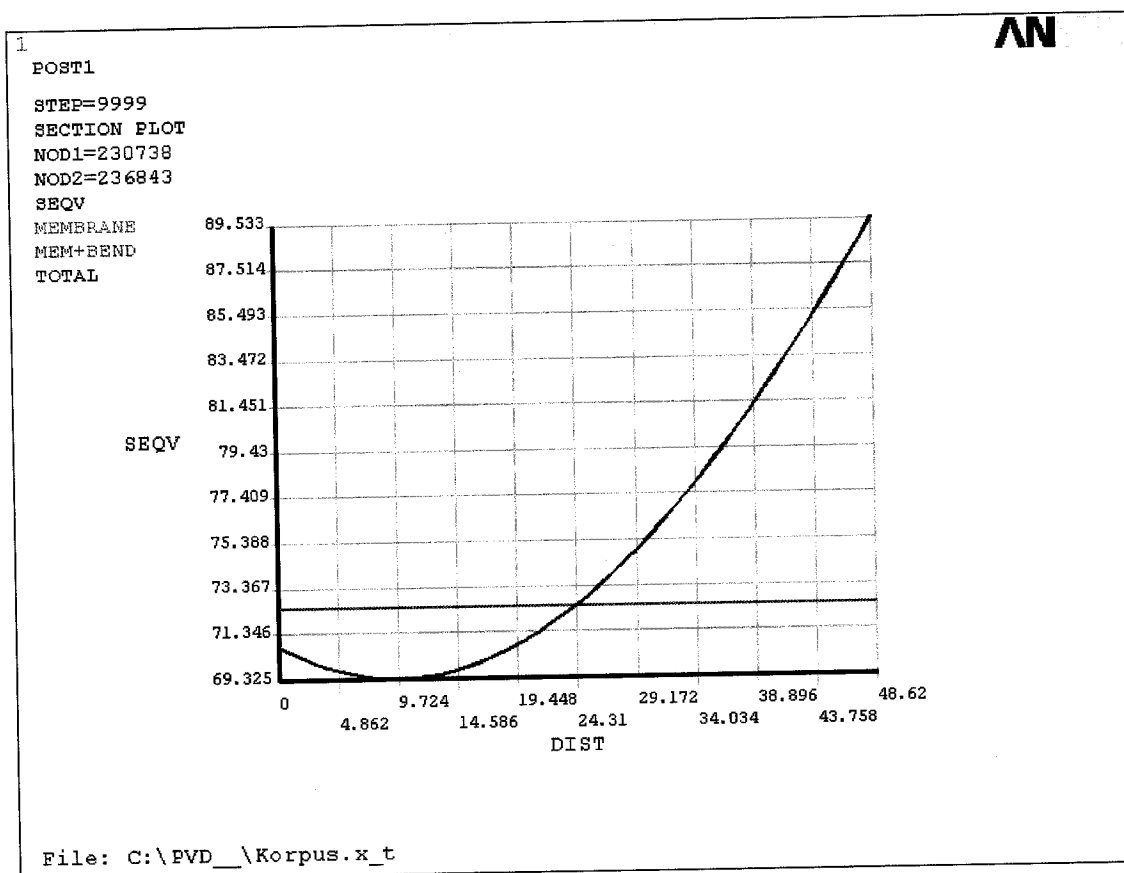


Рис.7 Напряжения для зоны 4

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Лист
					13

№ 243/12-09-Р.2.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

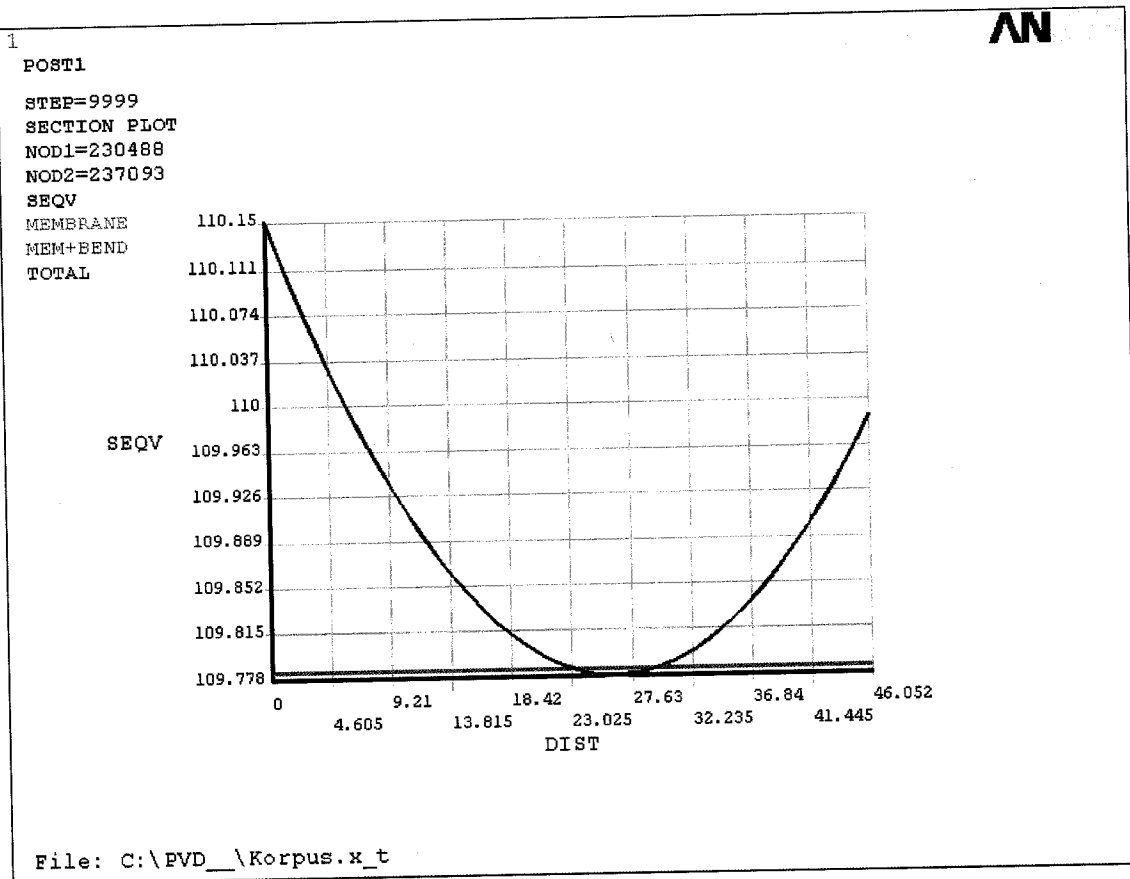


Рис.8 Напряжения для зоны 5

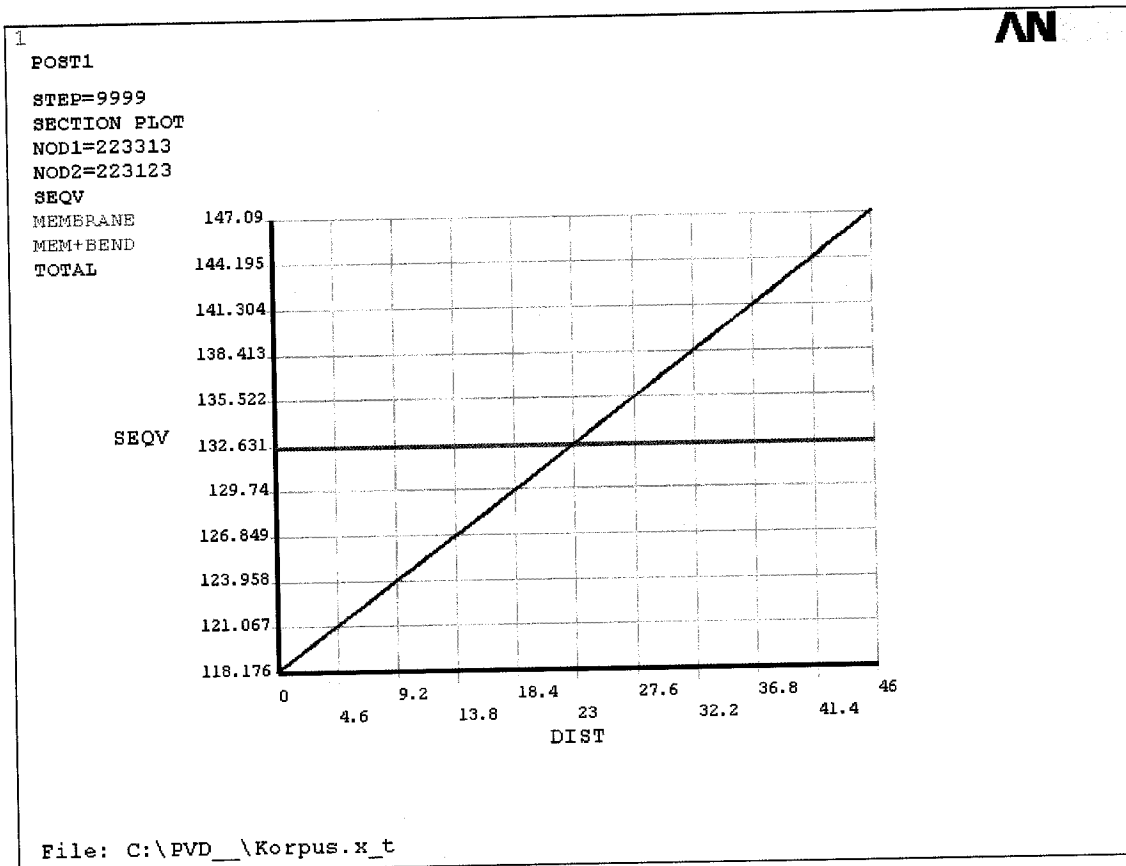


Рис.9 Напряжения для зоны 6

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

Имя	Пол	№ документа	Подпись	Дата

\*Далее будут приводиться максимальные значения напряжений, а графики их распределения в стенке приводятся не будут.

Расчет допустимых напряжений для материала сталь 16ГС и сталь 09Г2С-Ш при рабочей температуре

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1 \cdot \min(216/1.5; 392/2.6) = 144 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_2 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,3 \cdot 1 \cdot \min(216/1.5; 392/2.6) = 187,2 \text{ МПа}$$

$$(\sigma)_{RV} = (2,5 - R_{p0,2}^T / R_m^T) \cdot R_{p0,2}^T, \text{ но не более } 2R_{p0,2}^T = 420,9 \text{ МПа}$$

### Сводная таблица расчета по зонам

Напряжения  $(\sigma)_{RV}$  вычислялись функцией «stress intensity», математическое описание которой полностью соответствует требованиям п.5.3.6. ПНАЭ Г-7-002-86.

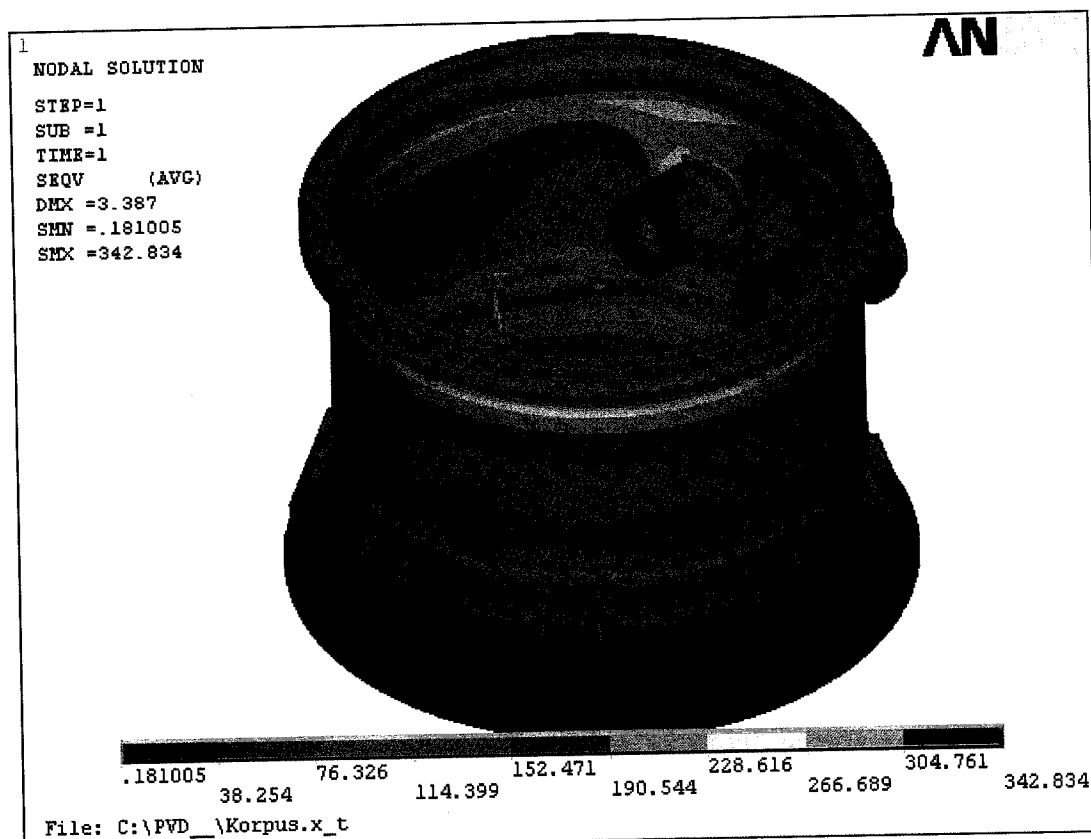
№ зоны	Расчетные напряжения, МПа			Выполнение условия
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_{rv}$	
1	143,97	154,49	167,43	да
2	141,22	180,14	190,39	да
3	124,71	158,91	182,78	да
4	72,35	89,53	95,86	да
5	109,78	110,15	126,77	да
6	132,63	147,1	168,42	да

### Вывод:

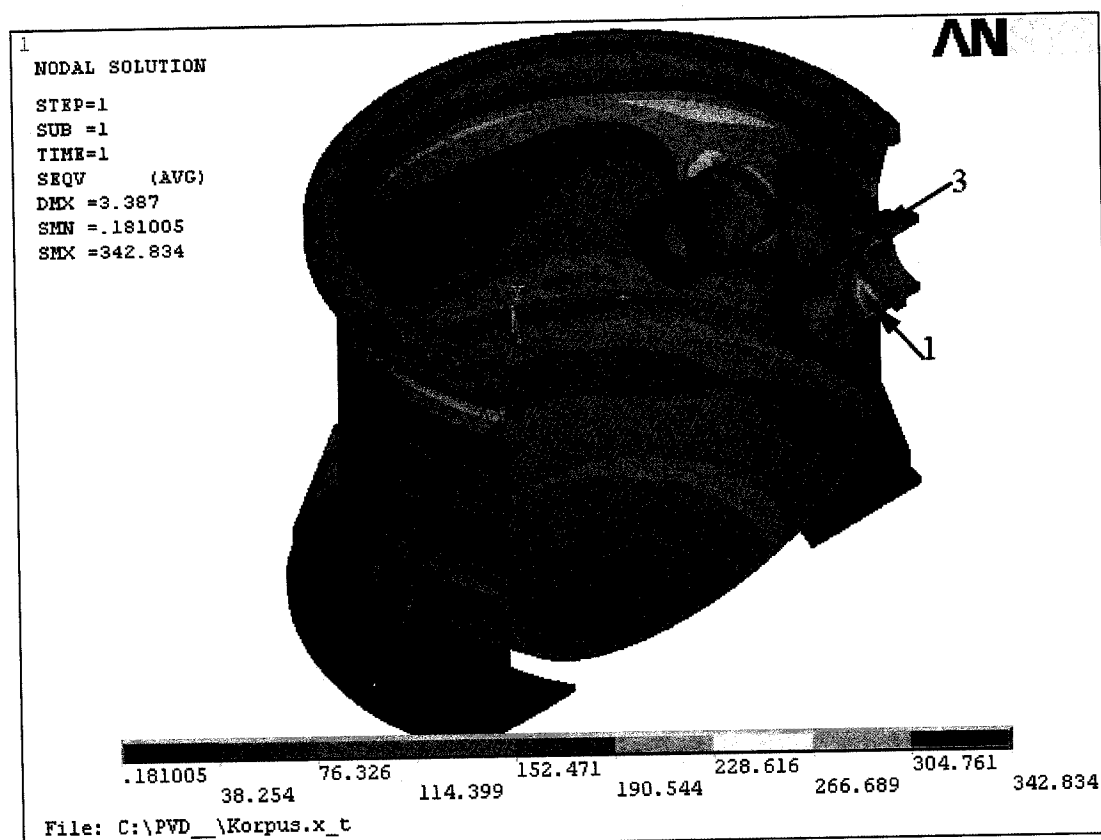
Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	№ 243/12-09-Р.2.	Лист
Име.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

## 5. Расчет на статическую прочность крышки ПВД при ГИ



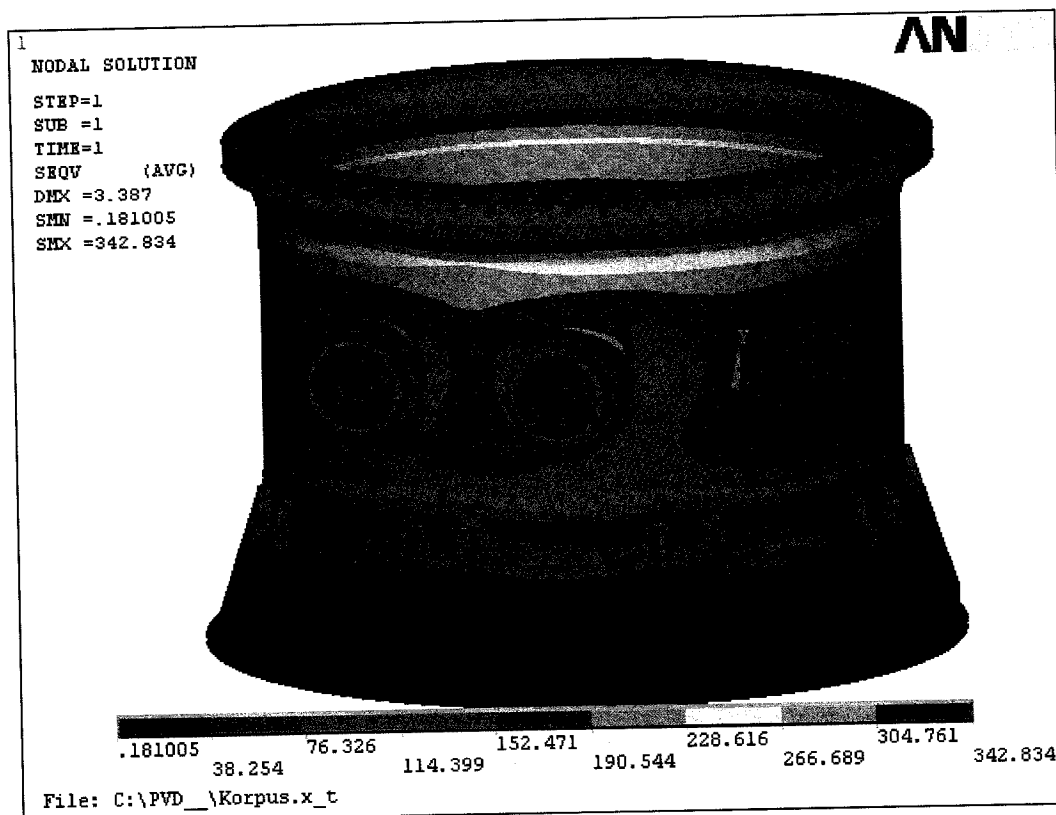
a)



б)

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. ине. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата

Име.	Лист	№ документа	Подпись	Дата



в)

Рис.10 Напряженно-деформированное состояние при ГИ

Расчет допустимых напряжений для материала сталь 16ГС и сталь 09Г2С-Ш при ГИ

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,35 \cdot \min(245/1.5; 432/2.6) = 220,5 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_2 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,7 \cdot 1 \cdot \min(245/1.5; 432/2.6) = 277,6 \text{ МПа}$$

$$(\sigma)_{RV} = (2,5 - R_{p0,2}^T / R_m^T) \cdot R_{p0,2}^T, \text{ но не более } 2R_{p0,2}^T = 473,6 \text{ МПа}$$

#### Сводная таблица расчета по зонам

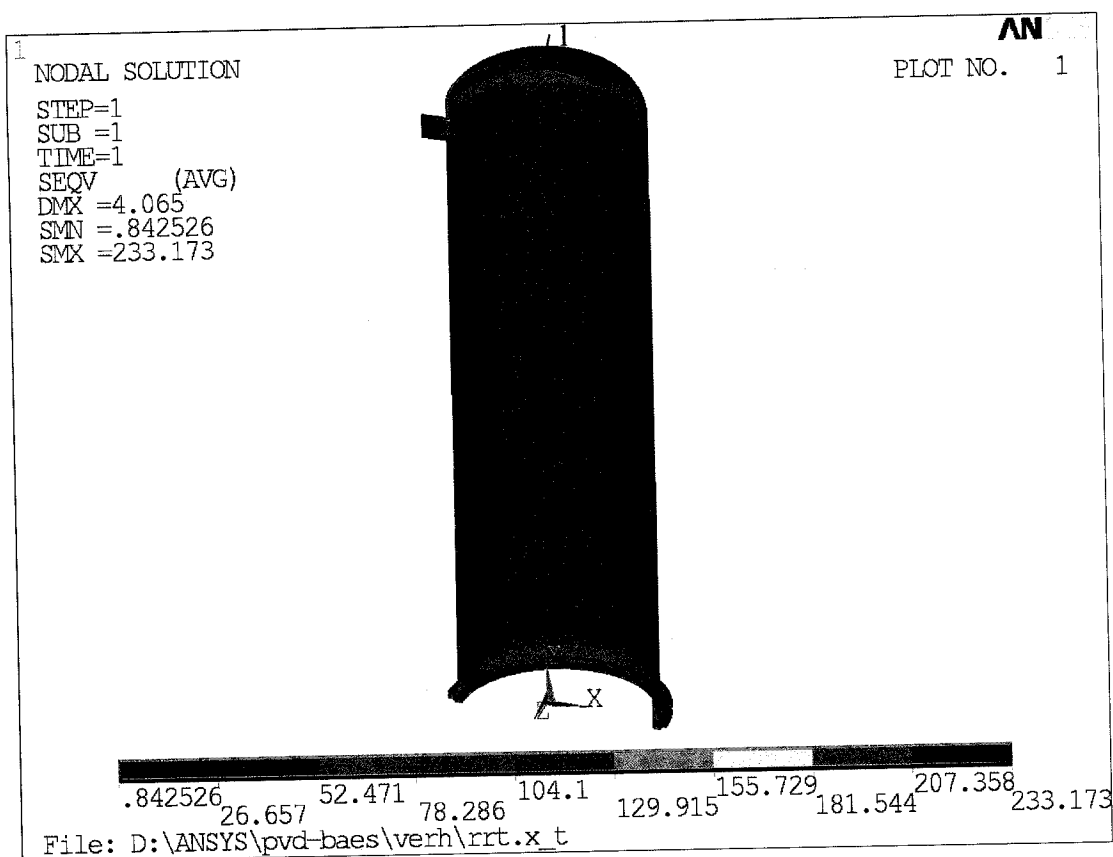
Напряжения  $(\sigma)_{RV}$  вычислялись функцией «stress intensity», математическое описание которой полностью соответствует требованиям п.5.3.6. ПНАЭ Г-7-002-86.

№ зоны	Расчетные напряжения, МПа			Выполнение условия
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_{RV}$	
1	213,76	271,5	307,42	да
2	186,27	251,14	267,33	да
3	177,15	198,61	229,18	да
4	101,58	135,07	143,11	да
5	153,25	161,59	186,17	да
6	179,31	211,82	231,02	да
7	104,9	164,77	176,95	да

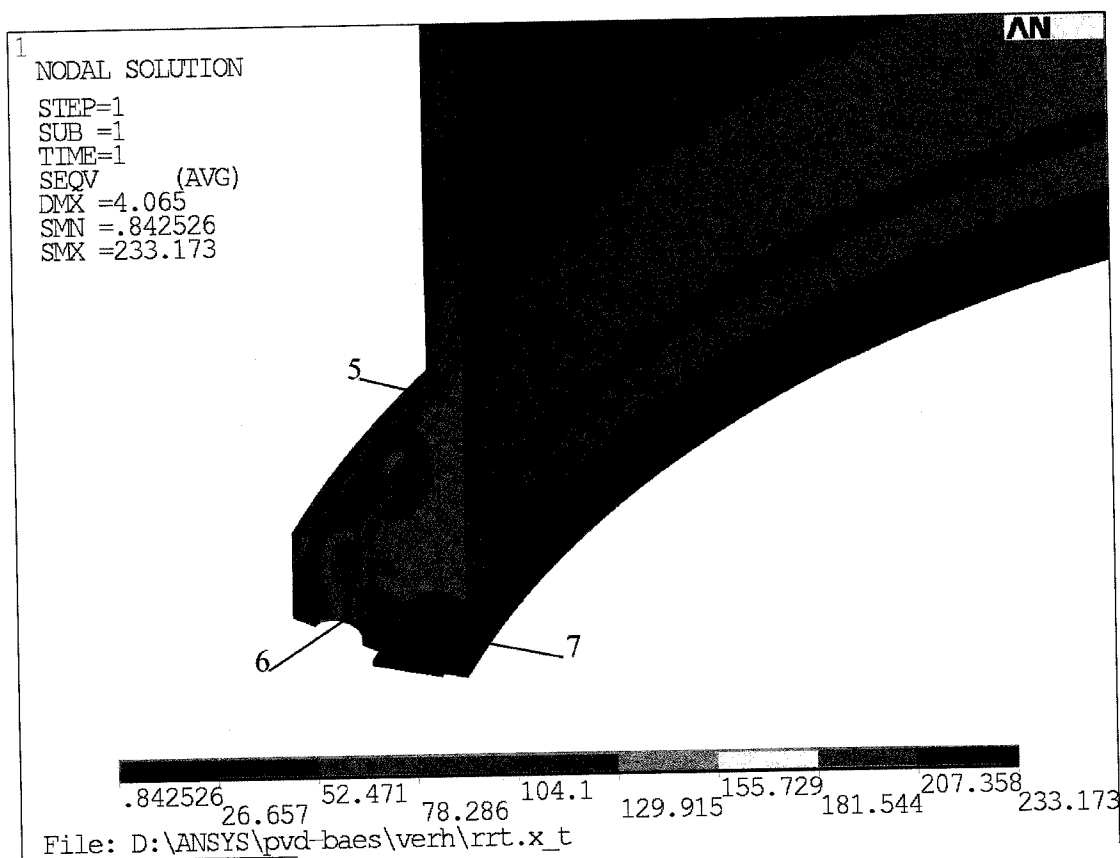
#### Вывод:

Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.

## 6. Расчет на статическую прочность корпуса ПВД



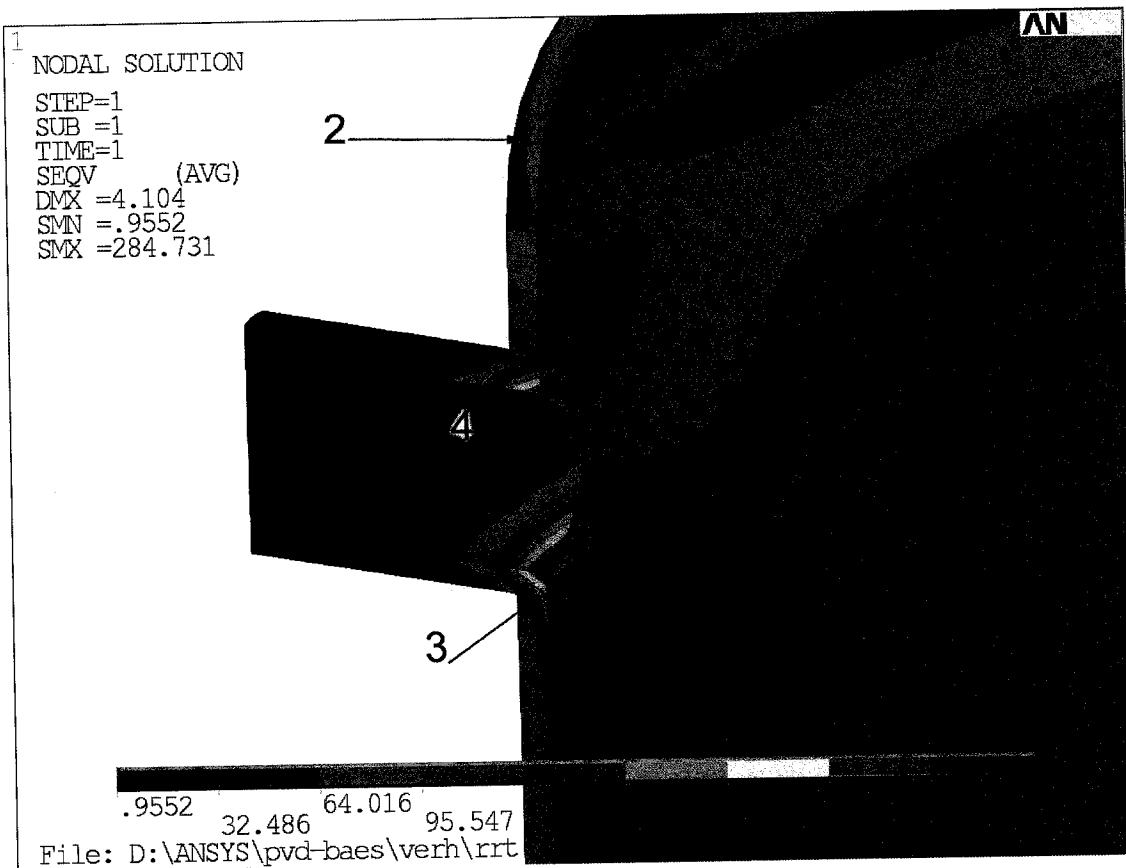
a)



б)

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

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата



В)

Рис.11 Напряженно-деформированное состояние модели

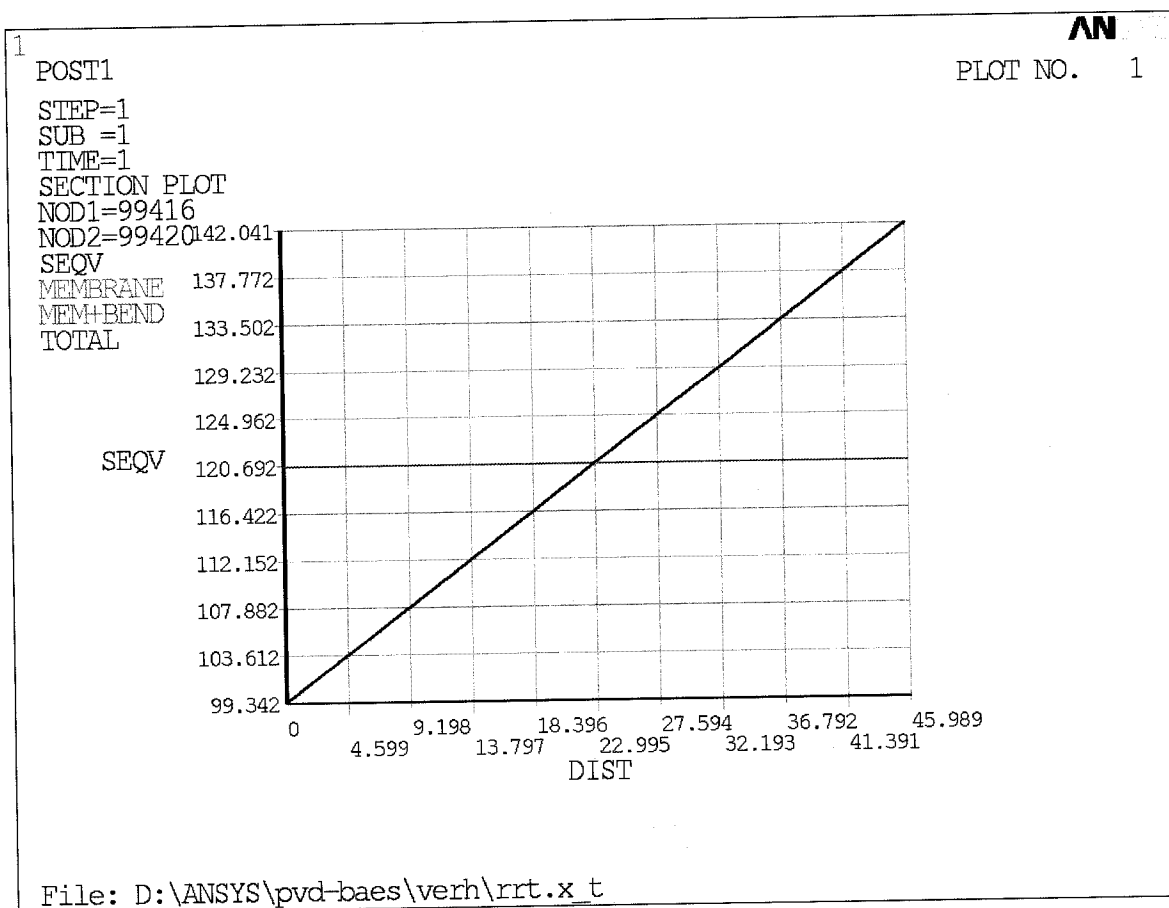


Рис.12 Напряжения для зоны 1

Подпись и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Име. № подл.	Лист
					19
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.2.



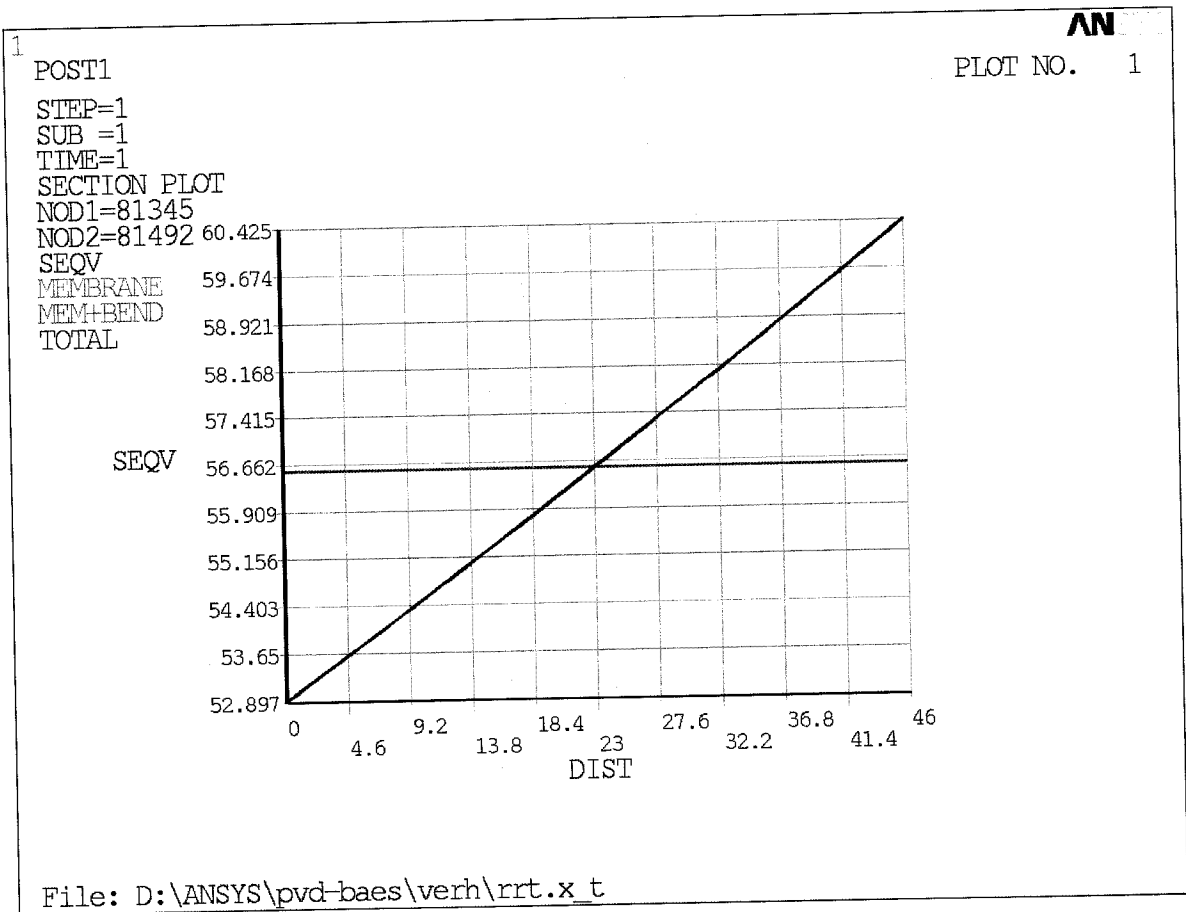


Рис.13 Напряжения для зоны 2

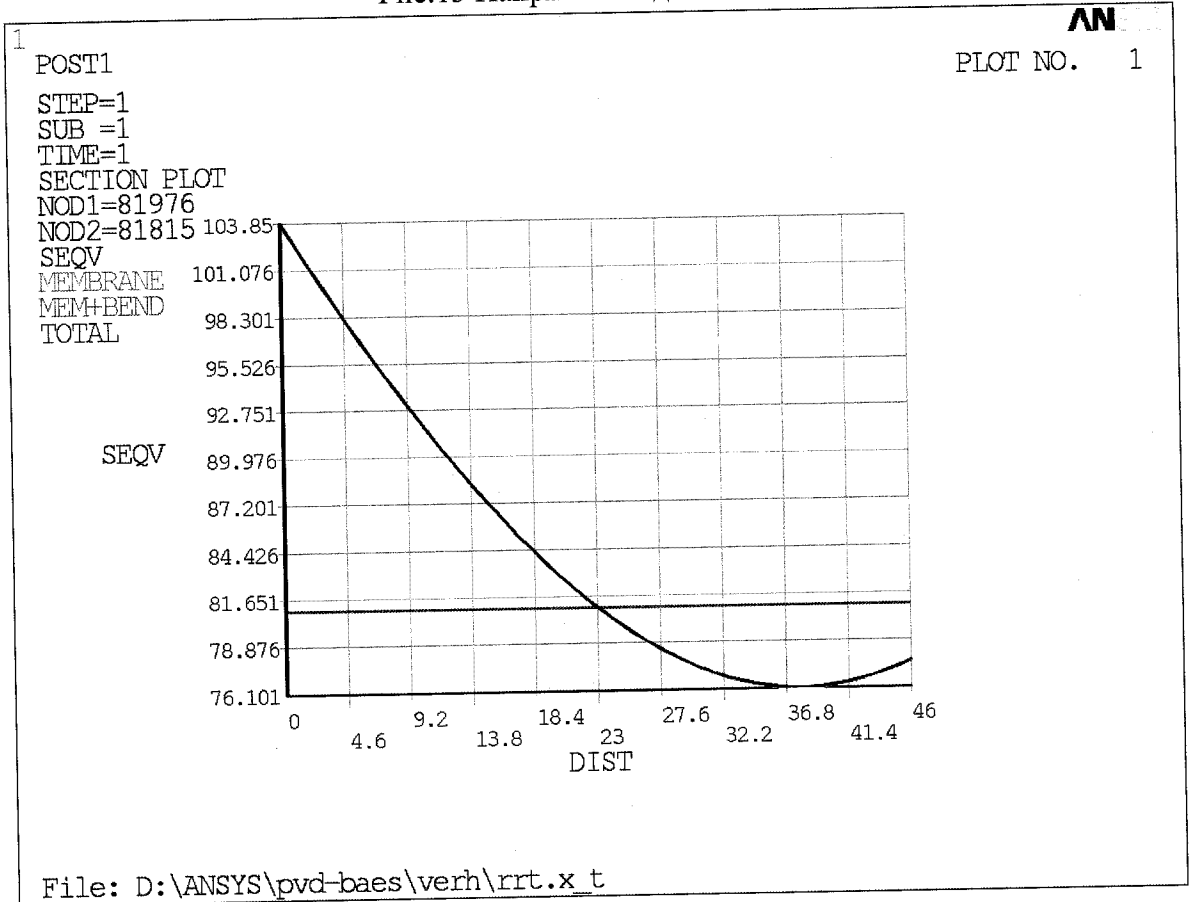


Рис.14 Напряжения для зоны 3

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

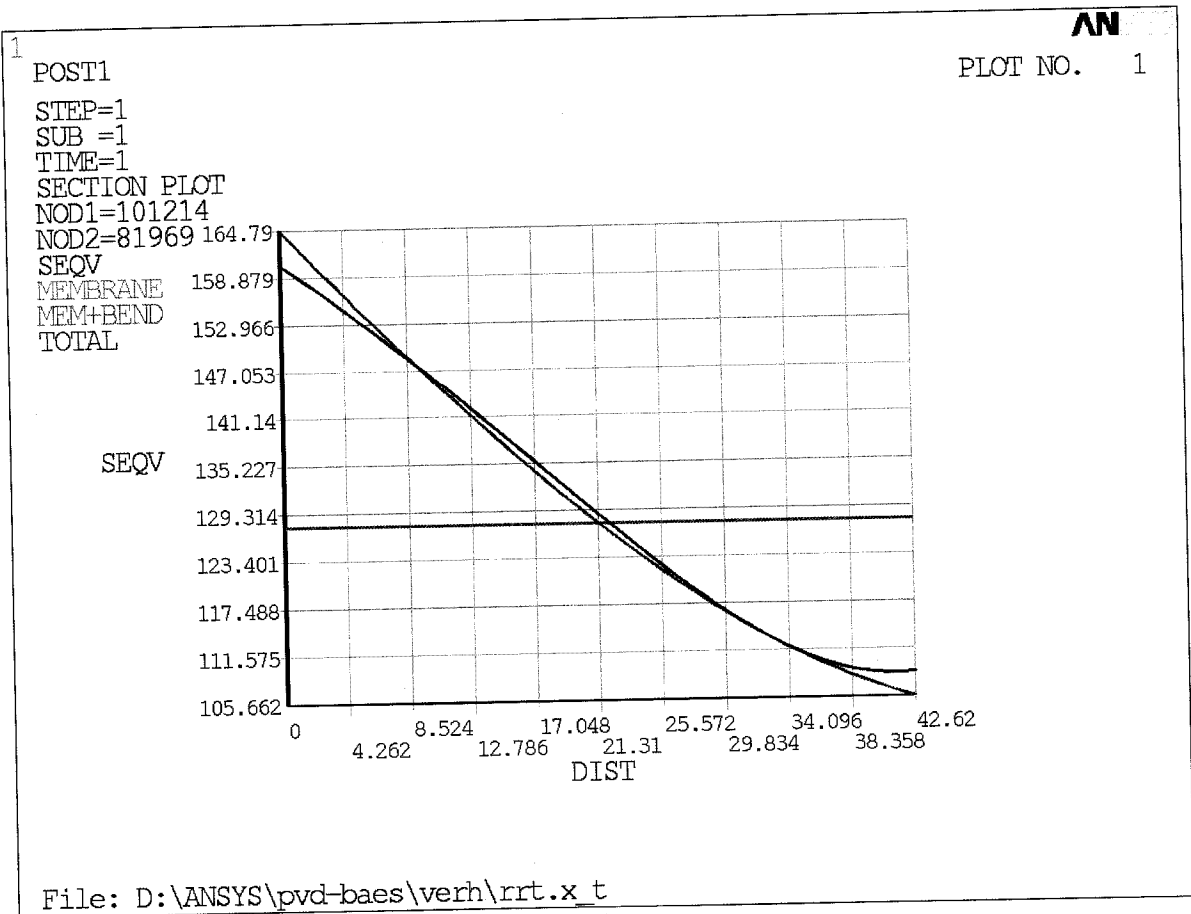


Рис.15 Напряжения для зоны 4

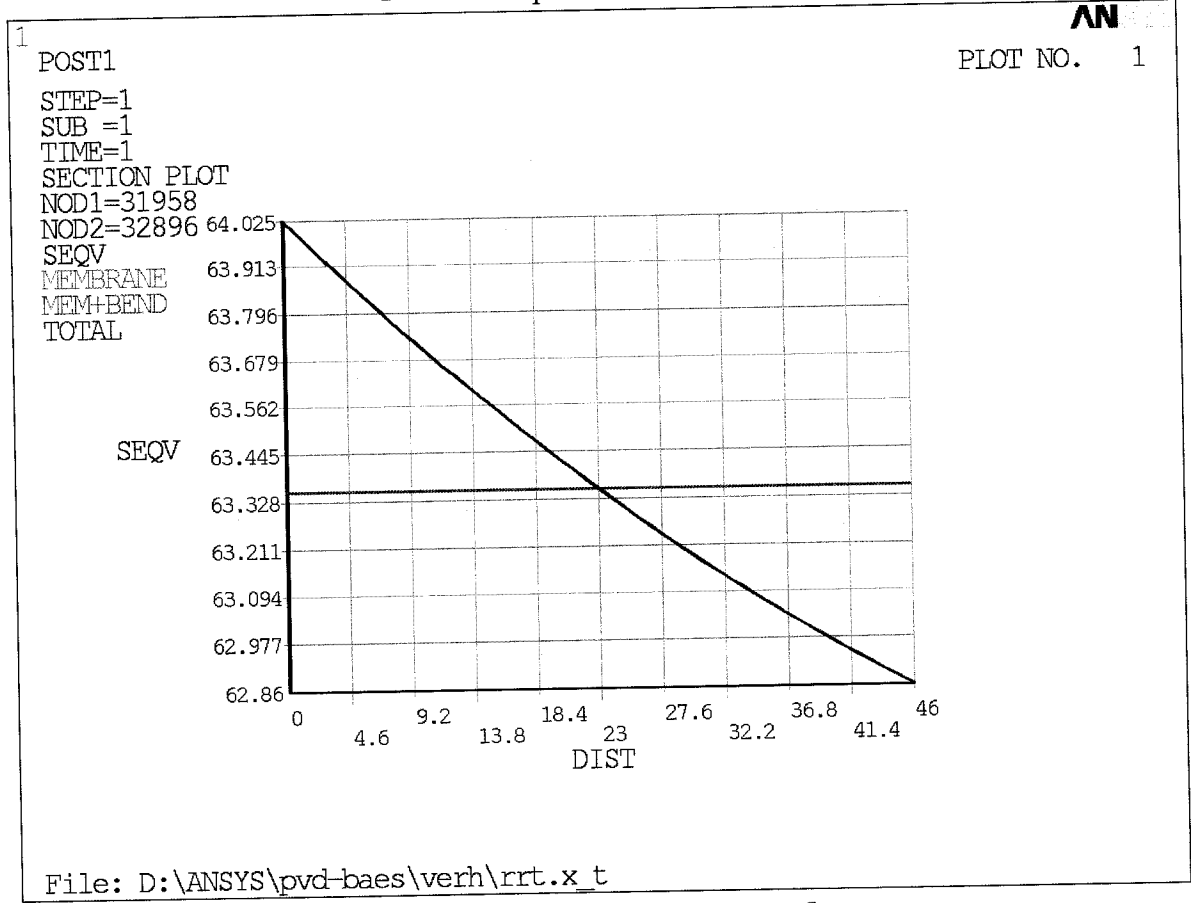


Рис.16 Напряжения для зоны 5

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

Имя	Лист	№ документа	Подпись	Дата

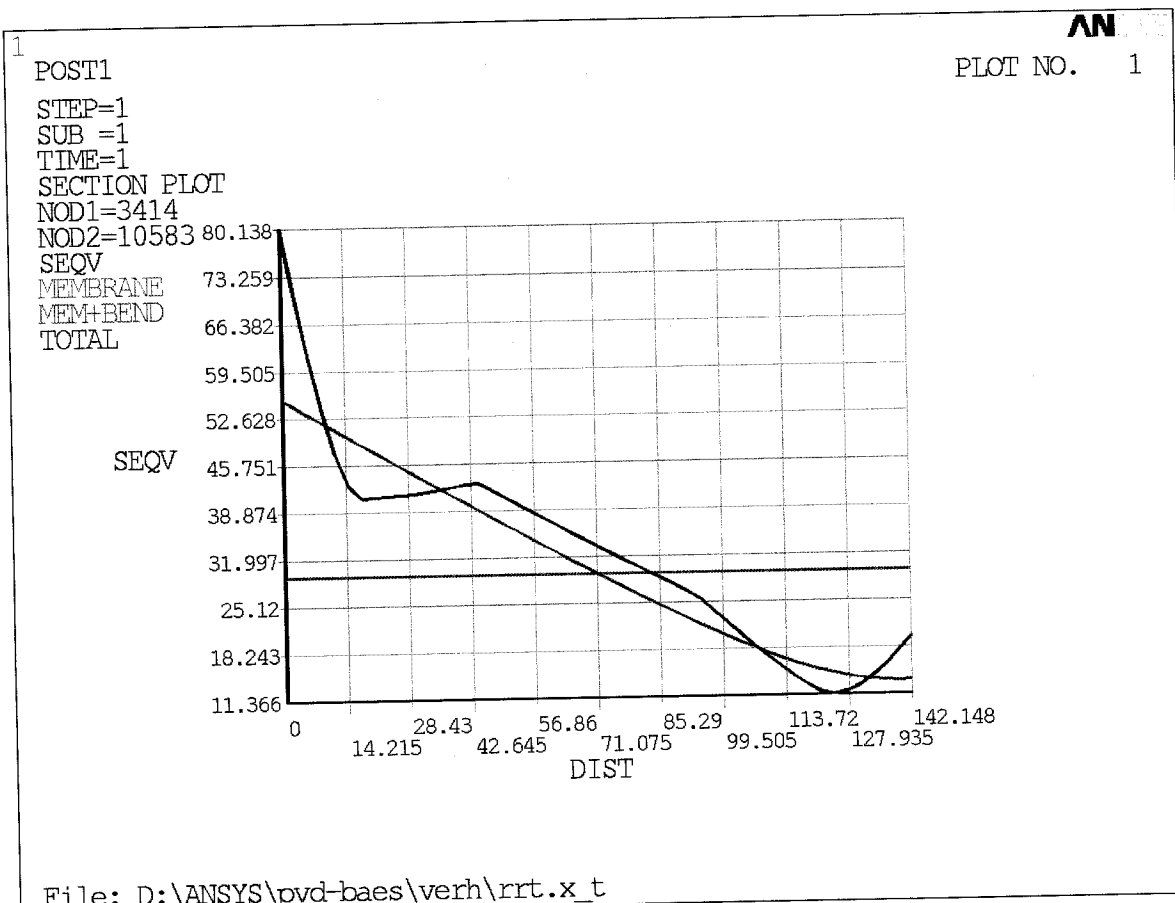


Рис.17 Напряжения для зоны 6

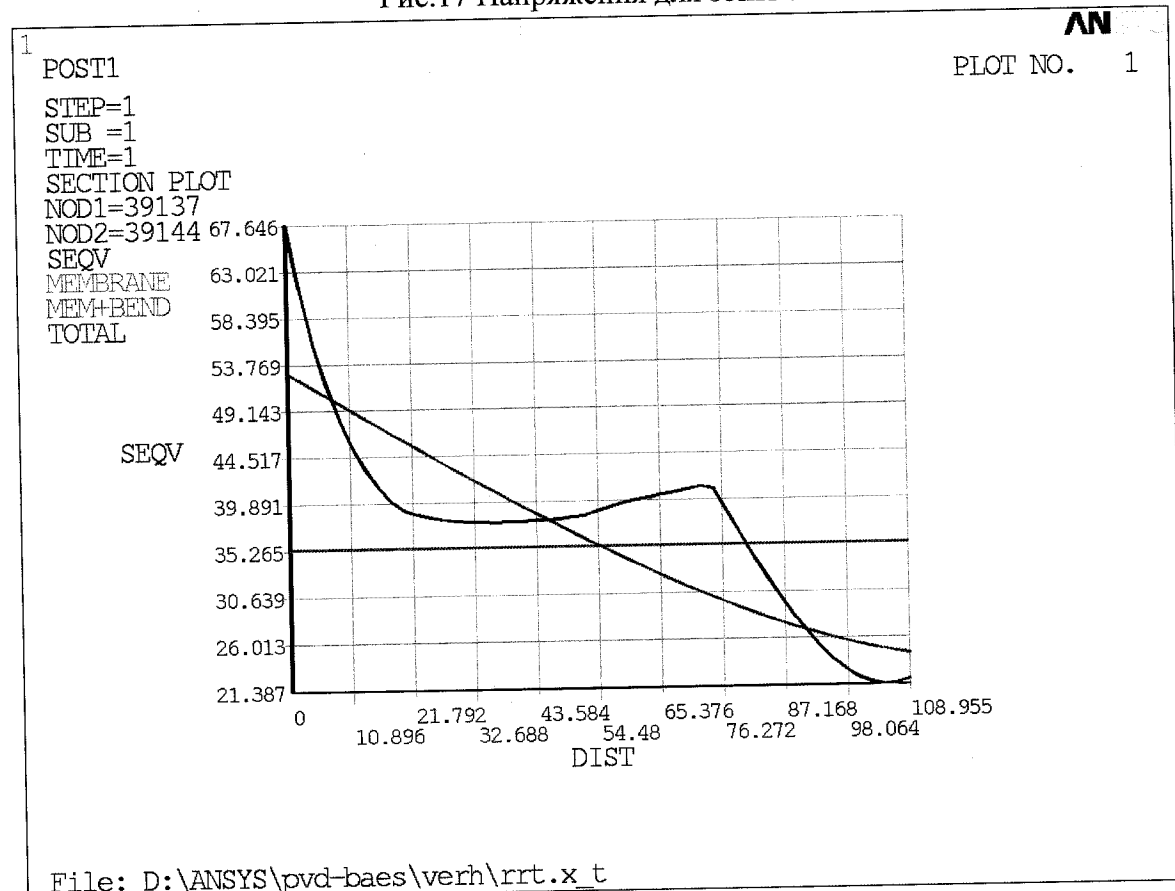


Рис.18 Напряжения для зоны 7

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

Имя	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Расчет допустимых напряжений для материала сталь 09Г2С-Ш и сталь 20 при рабочей температуре

$$[\sigma]_1 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1 \cdot \min(196/1.5; 373/2.6) = 130,7 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_2 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,3 \cdot 1 \cdot \min(196/1.5; 373/2.6) = 169,9 \text{ МПа}$$

$$(\sigma)_{RV} = (2,5 - R_{p0,2}^T / R_m^T) \cdot R_{p0,2}^T, \text{ но не более } 2R_{p0,2}^T = 387 \text{ МПа}$$

### Сводная таблица расчета по зонам

Напряжения  $(\sigma)_{RV}$  вычислялись функцией «stress intensity», математическое описание которой полностью соответствует требованиям п.5.3.6. ПНАЭ Г-7-002-86.

№ зоны	Расчетные напряжения, МПа			Выполнение условия
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_{gv}$	
1	120,7	142	142,2	да
2	56,6	60,4	68	да
3	80,3	103,85	109,4	да
4	127,8	164,8	186,4	да
5	63,35	64	65,2	да
6	29,4	80,1	87,6	да
7	35,3	67,6	76,8	да

### Вывод:

Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.

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

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

## 7. Расчет на статическую прочность корпуса ПВД при ГИ

Результаты расчета приведены ниже, локальные напряжения по путям в соответствии с рис. 11 а), б), в).

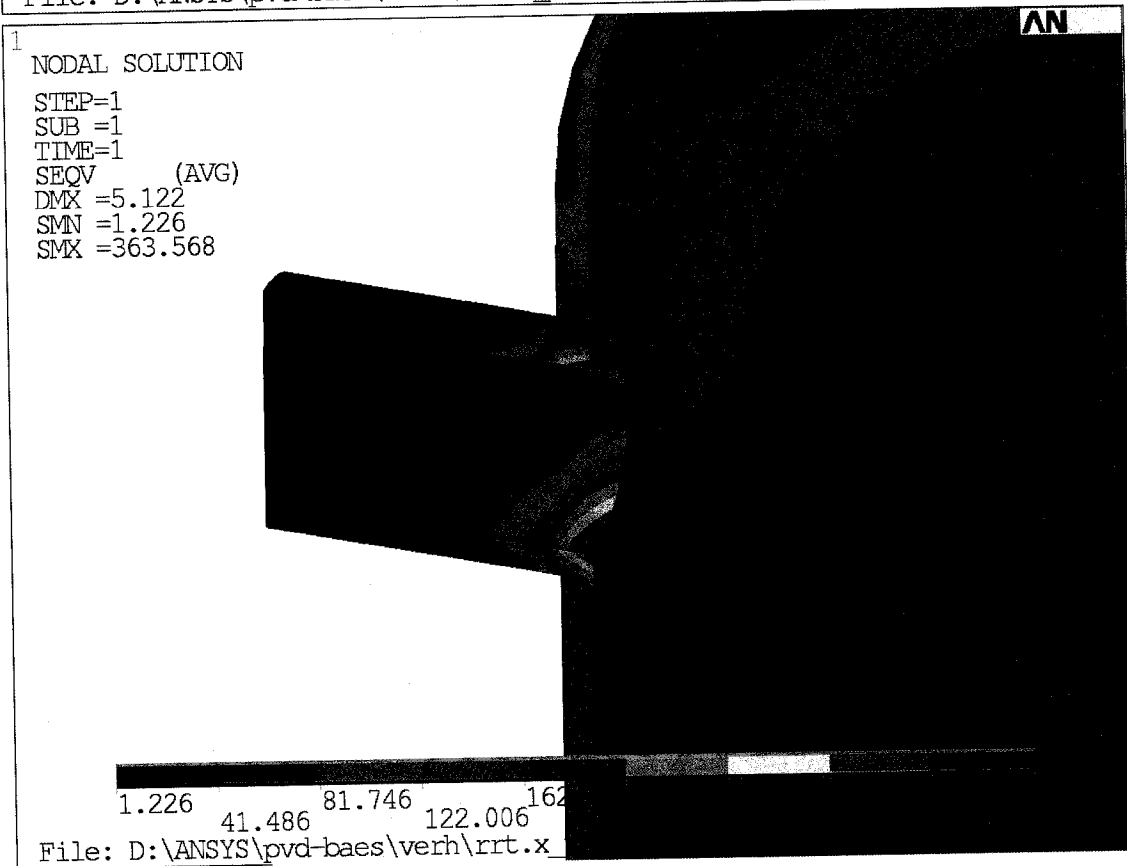
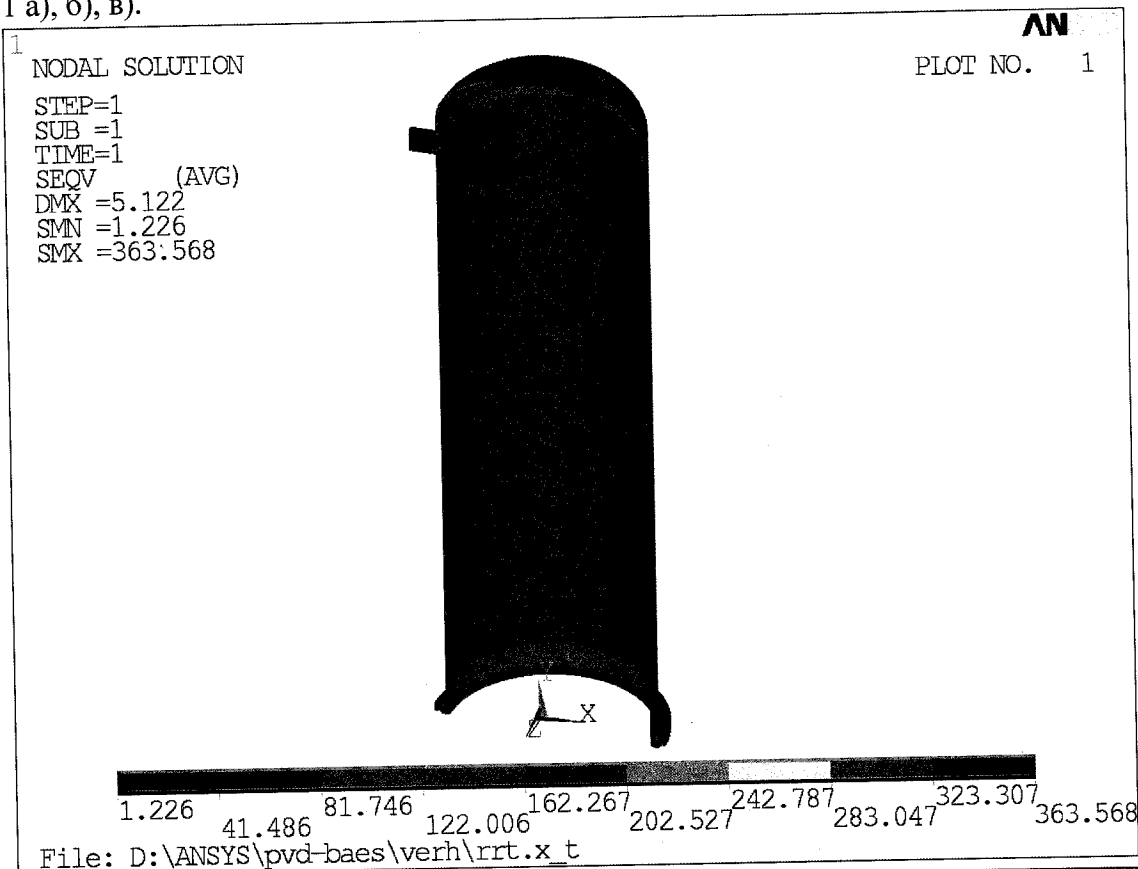


рис.19 Напряженно-деформированное состояние при ГИ

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

\*Далее будут приводиться максимальные значения напряжений, а графики их распределения в стенке приводится не будут.

Расчет допустимых напряжений для материала сталь 09Г2С-Ш и сталь 20 при ГИ

$$[\sigma]1 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,35 \cdot \min(216/1.5; 402/2.6) = 194,4 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]2 = \eta \cdot \min\{R_e/1.5; R_m/2.6\} = 1,7 \cdot 1 \cdot \min(216/1.5; 402/2.6) = 244,8 \text{ МПа}$$

$$(\sigma)_{RV} = (2,5 - R_{p0,2}^T / R_m^T) \cdot R_{p0,2}^T, \text{ но не более } 2R_{p0,2}^T = 423,9 \text{ МПа}$$

### Сводная таблица расчета по зонам

Напряжения  $(\sigma)_{RV}$  вычислялись функцией «stress intensity», математическое описание которой полностью соответствует требованиям п.5.3.6. ПНАЭ Г-7-002-86.

№ зоны	Расчетные напряжения, МПа			Выполнение условия
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_{IV}$	
1	150,7	177,5	177,7	да
2	70,7	75,3	84,8	да
3	100,3	129,7	136,7	да
4	159,6	205,9	233,0	да
5	79,0	79,9	81,5	да
6	36,7	99,9	109,4	да
7	44,0	84,5	95,9	да

### Вывод:

Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.

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

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

## 8. 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.	1,11
2.	1,142
3.	1,372
4.	1,545
5.	1,74
6.	1,833
7.	1,885
8.	1,94
9.	2,04
10.	2,055
11.	2,278
12.	2,33

Вид перемещений конструкции для 1-й, 3-й, 5-й, 7-й, 9-й и 12-й собственных частот приведен на рис.20-25.

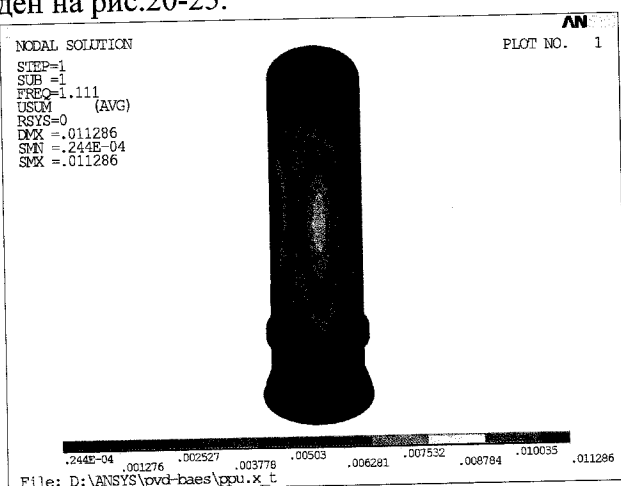


рис. 20

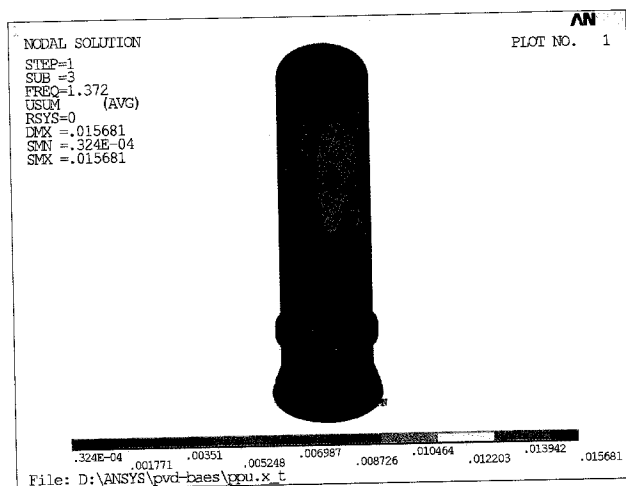


рис. 21

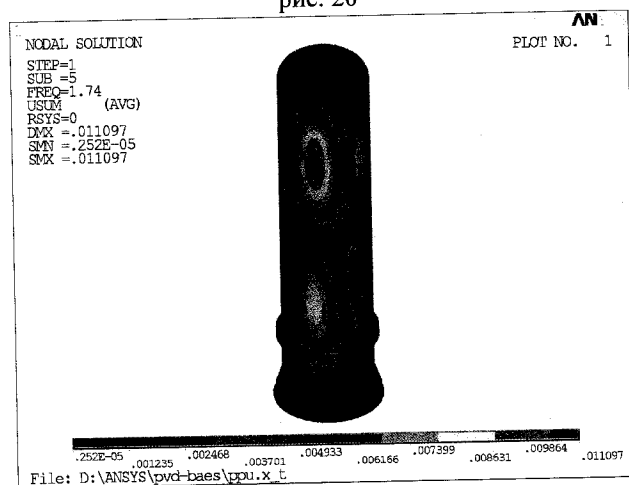


рис. 22

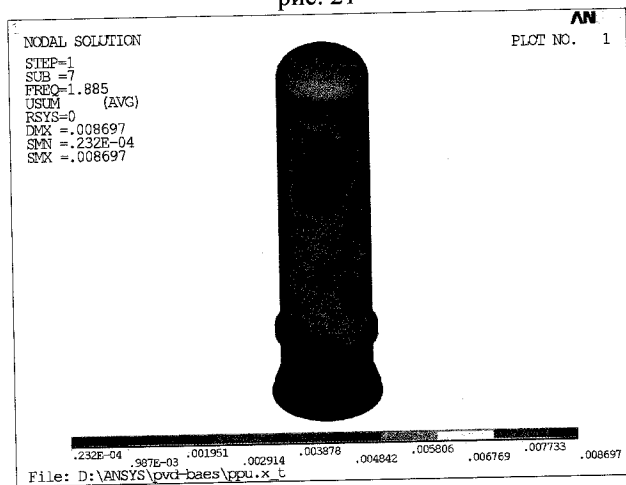


рис. 23

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

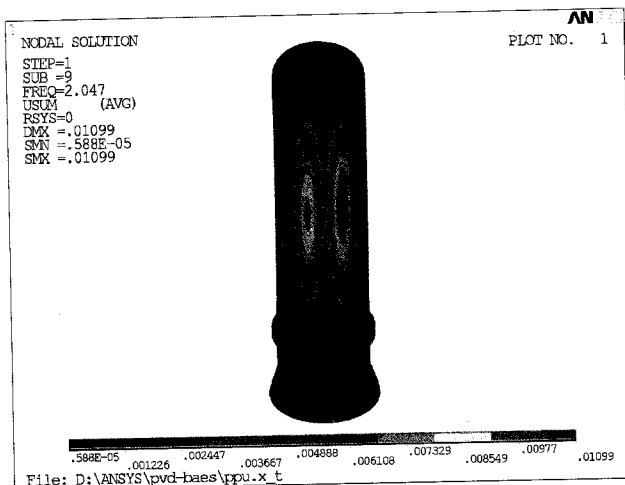


рис. 24

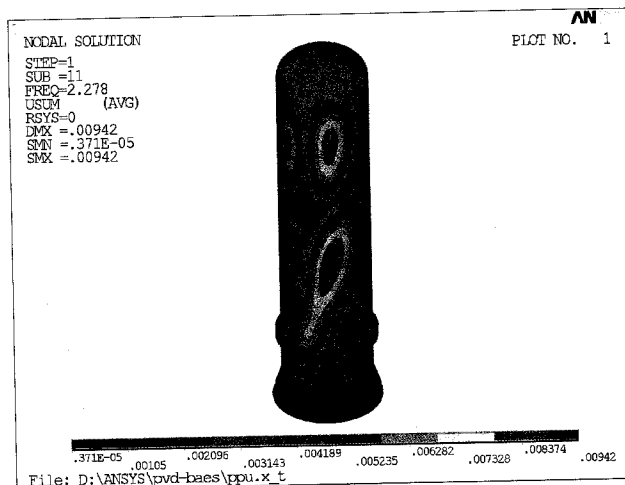
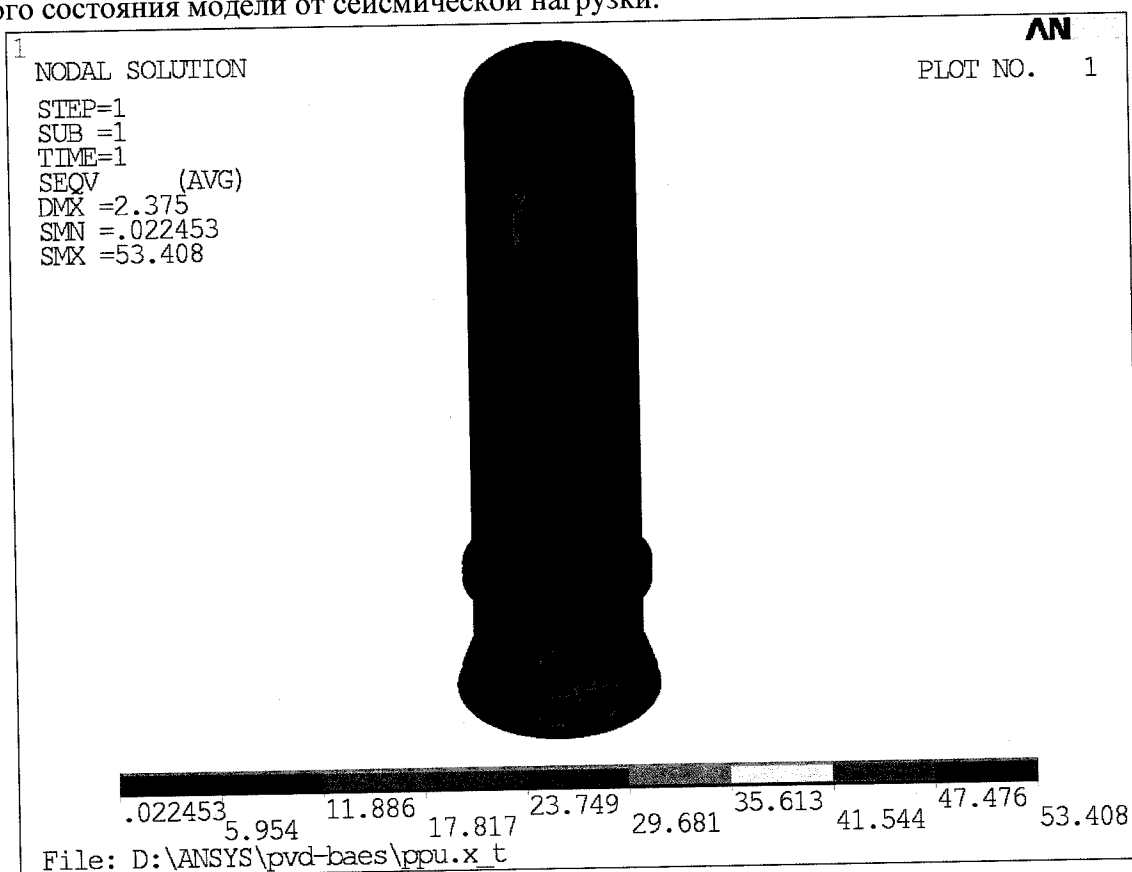


рис. 25

Выполнен расчет круговых частот одномассовой модели по трем координатам:

$W_{ox} = 77$  рад/сек;  $W_{oy} = 469,8$  рад/сек;  $W_{oz} = 77,4$  рад/сек.

Для расчета сейсмических ускорений центра масс модели относительно основания использована формула 4.12 [11]. Комбинирование составляющих в соответствии с п.п. 2.5.4 ПНАЭ Г-7-002-86 и в соответствии с СНиП II-7-81. На рис. 26 приведен вид напряженно деформированного состояния модели от сейсмической нагрузки.



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



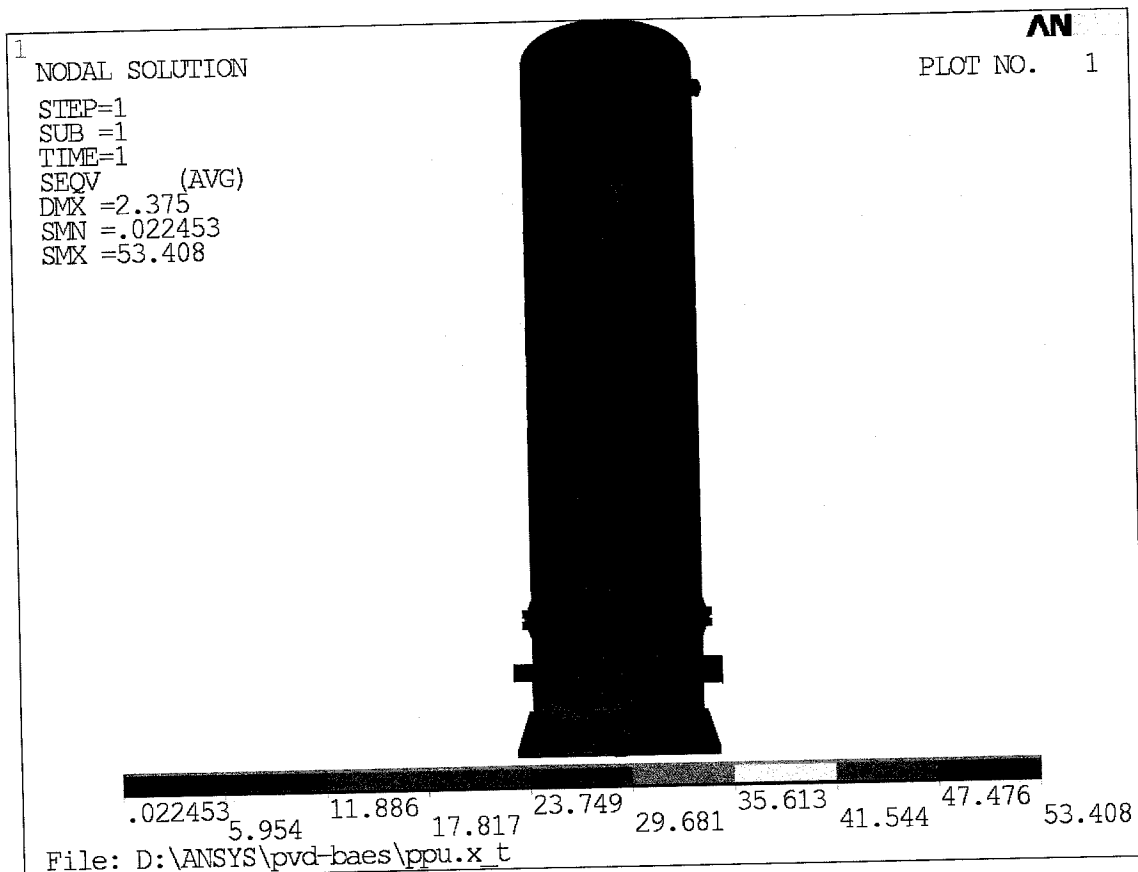


Рис. 26

Расчет напряжений для НУЭ+ПЗ

Местные напряжения определялись в тех же зонах (см. рис.3), что и для расчета на статическую прочность корпуса.

Расчет допустимых напряжений для материала сталь 09Г2С для НУЭ+ПЗ

$$[\sigma]_1 = 1,5 \cdot \eta \cdot \min\{R_e/1,5; R_m/2,6\} = 1,5 \cdot 144 = 216 \text{ МПа}$$

$$[\sigma]_2 = 1,9 \cdot \eta \cdot \min\{R_e/1,5; R_m/2,6\} = 1,9 \cdot 144 = 273,6 \text{ МПа}$$

**Сводная таблица расчета по зонам**

№ зоны	Расчетные напряжения, МПа		Выполнение условия
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	
1	135,2	159,3	да
2	58,1	63,3	да
3	92,9	119,1	да
4	163,7	194,9	да

**Вывод**

**Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется**

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

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



Версия: 5. 1. 0 (Build: Oct 27 2009)

Дата: 18.03.2010

Организация: ООО <Ресурс>

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Модель: трубная система ПВД.

# >>> КОНТРОЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ:

Температура монтажа: 20 С  
 Число циклов: 3000  
 Нормы расчета на прочность: ПНАЭ

масштабный коэффициент для трения (FRIC) 1.00  
 учет давления для вычисления податливости гибов (BEND\_PRES) YES  
 нормы, использ. для вычисления податливости гибов (BEND\_CODE) ПНАЭ  
 реферативная температура для мех. характеристик (T\_REF) 20  
 плотность воды (W\_DEN) 9.80665E-06 Н/мм<sup>3</sup>  
 поступ. жесткость для "абс." жестких величин (RGD\_TRN) 1.00000E+09  
 угловая жесткость для "абс." жестких величин (RGD\_ROT) 1.00000E+14  
 сдвиговой коэффициент для труб (PSHEAR) 2.00  
 коэффициент для учета растяжения в гibaх (BAXIAL) 1.00  
 сдвиговой коэффициент для гибов (BSHEAR) 2.00  
 мнж-ль для толщины стенки при моделир-нии арматуры (V\_STF) 3.00  
 макс. число итераций при выполн. нелин. расчетов (NL\_MAXIT) 99  
 точность при определении силы трения (NL\_FTOL) 0.010  
 точность при определении реакции нелинейной опоры (NL\_RTOL) 0.010  
 порог деформации при проскальзывании (NL\_STOL) 0.100  
 ускорение свободного падения (GRAV) 9806.65  
 точность определения векторов собств. колебаний (FREQ\_TOL) 1.00000E-05  
 модуль упр-ти для формирования матрицы жесткости (E\_MOD) HOT  
 критерий "отрыва" односторонних весовых опор (LIFT) 2.0 мм  
 минимально-допустимая длина элемента (EL\_LEN) 1.0 мм  
 жесткость для определения нагрузки на пружины (RGD\_SPR) 1.00E+09 Н/мм

## >>> ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА:

предельная частота (FMAX) 33, Гц  
 Учет высших форм (MCOM = 2) да  
 запись форм колебаний (FREQ\_OUT 1) да

Линейно - спектральный метод (DYN=1):

суммирование между группами опор ABS  
 учет сейсмических смещений опор (SAM) нет  
 учет SAM при вычислении напряжений нет  
 метод модальной комбинации SRSS

### Характеристики КЭ Модели:

- число узлов 52 - Общая длина трубопровода 82.26 м  
 - число ветвей 8  
 - число КЭ 51

### Весовые характеристики:

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.2.

Лист

30

Подпись и дата

Име. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Име. № подл.

- Вес материала трубопровода: 196207 Н  
 - Вес среды трубопровода: 45637 Н  
 - Вес изоляции: 0 Н  
 - Сосредоточенные массы: 0 Н

Общий вес трубопровода: 241844 Н

>>> Таблица 1. Координаты узлов расчетной модели, мм

Метка узла	X	Y	Z
1	0.0	0.0	0.0
2	100.0	0.0	0.0
3	100.0	-1100.0	0.0
4	0.0	-1100.0	0.0
5	-590.0	-1100.0	0.0
6	-1190.0	-1100.0	0.0
7	-1200.0	-1100.0	0.0
8	-1460.0	-1100.0	0.0
9	-590.0	0.0	0.0
10	-1190.0	0.0	0.0
11	-1750.0	0.0	0.0
12	-2050.0	0.0	0.0
13	-1750.0	-1460.0	0.0
14	-1750.0	-1840.0	380.0
15	-1750.0	-1840.0	960.0
16	-1750.0	-1840.0	5960.0
17	-1750.0	-1840.0	11444.0
18	-1190.0	-1100.0	348.0
19	-1302.9	-789.9	678.0
20	-1771.4	497.5	678.0
21	-1867.2	760.6	958.0
22	-1867.2	760.6	960.0
23	-1867.2	760.6	5960.0
24	-1867.2	760.6	11444.0
25	-590.0	-1100.0	343.3
26	-590.0	-1196.7	576.7
27	-590.0	-1273.5	653.5
28	-590.0	-1370.1	886.8
29	-590.0	-1370.1	930.1
30	-590.0	-1370.1	5930.1
31	-590.0	-1370.1	11414.1
32	-590.0	0.0	343.3
33	-590.0	96.7	576.7
34	-590.0	173.5	653.5
35	-590.0	270.1	886.8
36	-590.0	270.1	930.1
37	-590.0	270.1	5930.1
38	-590.0	270.1	11414.1
39	-1190.0	0.0	-280.0
40	-1533.8	65.7	-630.0

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.2.

41	-2350.0	221.8	-630.0
42	-2958.0	338.0	-11.0
43	-2958.0	338.0	960.0
44	-2958.0	338.0	5960.0
45	-2958.0	338.0	11444.0
46	-1200.0	-1100.0	-280.0
47	-1543.8	-1165.7	-630.0
48	-2360.0	-1321.8	-630.0
49	-2968.0	-1438.0	-11.0
50	-2968.0	-1438.0	960.0
51	-2968.0	-1438.0	5960.0
52	-2968.0	-1438.0	11444.0

>>> Таблица 2. Характеристики сечений (трубы)

Метка	OD	t	w1	w2	c1	c2	fw1	fw2	fws	Материал
530x50	530.0	50.0	5.80	0.00	2.5	5.0	1.00	1.00	1.00	16GS
325x32	325.0	32.0	2.27	0.00	1.6	12.0	1.00	1.00	1.00	ST20

Примечания:

- OD - наружный диаметр, мм  
t - толщина стенки, мм  
w1 - погонный вес трубы, Н/мм  
w2 - погонный вес изоляции, Н/мм  
c1 - суммарная прибавка к толщине стенки, мм  
c2 - эксплуатационное утонение стенки трубопровода вследствие коррозии, мм  
fw1 - коэффициент снижения прочности продольного сварного шва  
fw2 - коэффициент снижения прочности поперечного сварного шва  
fws - коэффициент снижения циклической прочности продольного сварного шва

>>> Таблица 3. Характеристики отводов.

Узел1	Узел2	Сечение	ANGLE	R	OD	t	Smin	A	FLEX
13	14	325x32	90.0	380.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
18	19	325x32	90.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
20	21	325x32	90.0	280.0	325.0	32.0	32.0	8.0	CODE
25	26	325x32	45.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
27	28	325x32	45.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
32	33	325x32	45.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
34	35	325x32	45.0	330.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
39	40	325x32	90.0	350.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
41	42	325x32	90.0	619.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
46	47	325x32	90.0	350.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE
48	49	325x32	90.0	619.0	325.0	32.0	27.0	8.0	CODE

Примечания:

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

№ 243/12-09-Р.2.

Лист

32

ANGLE - угол отвода, град  
 R - радиус отвода, мм  
 OD - наружный диаметр, мм  
 t - толщина стенки, мм  
 Smin - минимальная толщина стенки, мм  
 A - овальность, %  
 FLEX - коэффициент податливости (CODE - вычисляется программой автоматически)

>>> Таблица 4. Режимы работы

Режим	Нагрузочная группа	T	P	CSG
NUE	LG1	201.40	12.00	1.00
	LG2	224.50	12.00	1.00
TEST	LG1	20.00	17.50	1.00
	LG2	20.00	17.50	1.00

Примечания:

T - температура, °C  
 P - давление, МПа  
 CSG - плотность (в долях от плотности воды)

>>> Таблица 5. Конечно - элементная модель (геометрия).

Узел1	Узел2	Элемент	DX	DY	DZ	L/R
1		FROM	1.00000	0.00000	0.00000	
1	2	RIGID	1.00000	0.00000	0.00000	100.00
2	3	RIGID	0.00000	-1.00000	0.00000	1100.00
3	4	RIGID	-1.00000	0.00000	0.00000	100.00
4	5	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	590.00
5	6	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	600.00
6	7	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	10.00
7	8	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	260.00
1		FROM	-1.00000	0.00000	0.00000	
1	9	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	590.00
9	10	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	600.00
10	11	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	560.00
11	12	PIPE	-1.00000	0.00000	0.00000	300.00
11		FROM	0.00000	-1.00000	0.00000	
11	13	PIPE	0.00000	-1.00000	0.00000	1460.00
13	14	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	380.00
14	15	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	580.00
15	16	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
16	17	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00

6		FROM	0.00000	0.00000	1.00000	
6	18	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	348.00
18	19	BEND	-0.34202	0.93969	0.00000	330.00
19	20	PIPE	-0.34202	0.93969	0.00000	1370.00
20	21	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	280.00
21	22	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	2.00
22	23	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
23	24	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
5		FROM	0.00000	0.00000	1.00000	
5	25	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	343.31
25	26	BEND	0.00000	-0.70711	0.70711	330.00
26	27	PIPE	0.00000	-0.70711	0.70711	108.62
27	28	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	330.00
28	29	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	43.31
29	30	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
30	31	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
9		FROM	0.00000	0.00000	1.00000	
9	32	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	343.31
32	33	BEND	0.00000	0.70711	0.70711	330.00
33	34	PIPE	0.00000	0.70711	0.70711	108.62
34	35	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	330.00
35	36	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	43.31
36	37	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
37	38	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
10		FROM	0.00000	0.00000	-1.00000	
10	39	PIPE	0.00000	0.00000	-1.00000	280.00
39	40	BEND	-0.98221	0.18778	0.00000	350.00
40	41	PIPE	-0.98221	0.18778	0.00000	831.02
41	42	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	619.00
42	43	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	971.00
43	44	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
44	45	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00
7		FROM	0.00000	0.00000	-1.00000	
7	46	PIPE	0.00000	0.00000	-1.00000	280.00
46	47	BEND	-0.98221	-0.18778	0.00000	350.00
47	48	PIPE	-0.98221	-0.18778	0.00000	831.02
48	49	BEND	0.00000	0.00000	1.00000	619.00
49	50	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	971.00
50	51	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5000.00
51	52	PIPE	0.00000	0.00000	1.00000	5484.00

Примечания:

DX, DY, DZ - направляющие косинусы  
L/R - длина элемента/радиус отвода, мм

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.2.

Лист

34

Элементы:

PIPE - прямая труба  
 BEND - криволинейный отвод (гиб)  
 CS MITER BEND - секторное колено  
 REDU - переход (редуцер)  
 RIGID - жесткий элемент  
 FLEX - упругий элемент  
 VALV - задвижка, арматура  
 BELLOW - компенсатор  
 STRUCT - балка  
 CS - монтажная растяжка

>>> Таблица 6. Жесткие элементы

Узел1	Узел2	Stf	Exp	W1	W2	W3
1	2	10.00	1.00			
2	3	10.00	1.00			
3	4	10.00	1.00			

Примечания:

Stf - коэффициент жесткости  
 Exp - множитель температурных расширений  
 w1/w2/w3 - вес элемента/изоляции/среды, Н

>>> Таблица 7. Анкерные и 6-компонентные опоры

Узел	CNODE	type	CS	GRP	STX(A)	STY(H)	STZ(N)	SRX(A)	SRY(H)
1	sup	G 1	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid
4	sup	G 1	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid	rigid

Примечания:

CNODE - узел для связи  
 type - тип опоры: anch - анкер; sup - 6-компонентная опора  
 CS - система координат для задания жесткостей опоры (G - глоб., L - лок.)  
 GRP - группа опор  
 STX, STY, STZ - поступательные компоненты жесткости, Н/мм (rigid - жесткая опора)  
 SRX, SRY, SRZ - угловые компоненты жесткости, Н\*мм/рад (rigid - жесткая опора)  
 Release - освобождаемые степени свободы для выбора пружинных подвесок  
 (0 - освобождена, 1 - закреплена)

>>> Таблица 8. Скользящие, направляющие и однокомпонентные опоры

Узел	CNODE	type	CS	GRP	stif	fric	gap	DX	DY	DZ
15	slid	G 1	rigid	0.30	(+)			1.0		



16	guid	1	rigid	0.30	(+/-)	
22	slid	G	1	rigid	0.30	1.0
23	guid	1	rigid	0.30	(+/-)	
29	slid	G	1	rigid	0.30	1.0
30	guid	1	rigid	0.30	(+/-)	
36	slid	G	1	rigid	0.30	1.0
37	guid	1	rigid	0.30	(+/-)	
43	slid	G	1	rigid	0.30	1.0
44	guid	1	rigid	0.30	(+/-)	
50	slid	G	1	rigid	0.30	1.0
51	guid	1	rigid	0.30	(+/-)	

Примечания:

тип опоры (type):                      система координат опоры (CS):

slid - скользящая опора                      G - глобальная  
guid - скользяще - направляющая опора    L - локальная  
rstr - однокомонентная опора              S - произвольно направленная опора  
rot - угловая однокомонентная опора

CNODE    - узел для связи  
GRP        - группа опор  
stif        - жесткость, Н/мм  
fric        - коэффициент трения  
gap        - зазор, мм  
(+),(-)    - направление выбора зазора, относительно линии действия опоры  
DX, DY, DZ - направления действия опоры: axial - вдоль оси трубы,  
              lateral - вдоль локальной оси H, normal - вдоль оси V

>>> Таблица 9. Спектры ответа (Группа опор N 001, 'Spectral', INT= 0)

N	---- X-DIR ----		---- Y-DIR ----		---- Z-DIR ----	
точки	част.	ускор.	част.	ускор.	част.	ускор.
1	1.00	0.84	1.00	0.84	1.00	0.36
2	2.00	2.40	2.00	2.40	2.00	0.60
3	4.00	3.24	4.00	3.24	4.00	1.56
4	8.20	3.20	8.20	3.20	11.50	0.72
5	12.20	1.44	12.20	1.44	22.00	0.48
6	22.00	0.90	22.00	0.90	35.00	0.30
7	35.00	0.50	35.00	0.50		
MULT	1.00		1.00		1.00	
DMAX	0.00		0.00		0.00	

Примечания:

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

№ 243/12-09-Р.2.

част. - частота, Гц  
 ускор. - спектральное ускорение, (в долях g)  
 MULT - масштабный коэффициент  
 DMAX - сейсмическое смещение группы опор, мм  
 INT - способ интерполяции для промежуточных точек:  
 0 (LIN-LIN); 1 (LOG-LIN); 10 (LIN-LOG); 11 (LOG-LOG)

>>> Таблица 10. Задание на расчет

LC	Тип	Режим	Нагрузка	FRIC	PEND	NLS	HANG	PE
LC1	OPER_A	\$COLD	W+P+T+D	+	+	YES	-	- Этап IV ('холодная нагрузка')
LC2	OPER_B	NUE	W+P+T+D	+	+	YES	+	- Этап II (полная нагрузка)
LC3	SUST_C	NUE	W+P	-	-	REF	-	- Этап I
LC4	OPER_B	\$COLD	W+P+T+D	+	+	YES	+	- Этап IV ('холодная нагрузка')
LC5	OPER_B	TEST	W+P+T+D	+	+	YES	+	-
LC6	SUST_C	TEST	W+P	-	-	REF	-	-
LC7	MODAL	NUE		-	+	REF	+	- Модальный анализ

Примечания:

Тип - тип расчета:

Нагрузка:

DSGN -> опр-е рабочей нагрузки для пруж. подвесок W - весовая нагрузка  
 OPER\_A -> расчет на полную нагрузку (тип A) P - давление  
 OPER\_B -> расчет на полную нагрузку (тип B) T - температурная нагрузка  
 SUST\_A -> расчет на весовую нагрузку (тип A) F - сосредоточенные силы  
 SUST\_C -> расчет на весовую нагрузку (тип C) D - смещения опор  
 MODAL -> модальный анализ CS - монтажная растяжка  
 WP - распространение сейсм. волны

FRIC - учет сил трения в опорах

Режим:

PEND - учет "маятникового" эффекта для подвесок

\$COLD - хол. сост.

HANG - учет жесткости упругих опор

NLS - способ учета нелинейных опор

PE - учет осевых деформаций от давления

>>> Таблица 11. Задание на постпроцессорную обработку результатов

LS	Тип	ссылка на результаты	правило	вывод	
LS1	S2_NUE	LC3	SUM	+	Напряжения S2 (НУЭ)
LS2	SRK	LC2-LC4	SUM	+	Напряжения Srk (НУЭ)
LS3	SAF	LC2-LC4	SUM	+	Напряжения Saf (НУЭ)
LS4	DISP	LC3	SUM	+	Весовые перемещения (НУЭ)
LS5	DISP	LC2-LC4	SUM	+	Видимые перемещения (НУЭ)
LS6	SUPP	LC2	SUM	+	Нагрузки в раб. состоянии
LS7	SUPP	LC4	SUM	+	Нагрузки в хол. состоянии
LS8	S2 HDR	LC6	SUM	+	Напряжения S2 (ГИ)

LS9	SRK	LC5-LC4	SUM	+	Напряжения SRK (Хол.сост.->ГИ)
LS10	SAF	LC5-LC4	SUM	+	Напряжения SAF (Хол.сост.->ГИ)
LS11	SUPP	LC5	SUM	+	Нагрузки при гидроиспытании
LS12	DISP	LC5	SUM	+	Полные перемещения (ГИ)
LS13	DISP	LC6	SUM	+	Перемещения от веса (ГИ)
LS14	DISP	LC5-LC4	SUM	+	Видимые перемещения (Хол.сост.->ГИ)
LS15	S2_PZ1	LC3+ 0.50000*LC7	SUM	+	Напряжения S2 (ПЗ)
LS16	DISP	LC7	SUM	+	Сейсмические перемещения

Примечания:

Напряжения для расчета по ПНАЭ:

S2\_NUE - напряжения категории S2 при нормальной эксплуатации  
S2\_NNUE - напряжения категории S2 при нарушении нормальной эксплуатации  
S2\_MRZ - напряжения категории S2 при ПЗ  
S2\_PZ1 - напряжения категории S2 при ПЗ для 1-ой категории трубопроводов  
S2\_PZ2 - напряжения категории S2 при ПЗ для 2-ой категории трубопроводов  
S2\_HDR - напряжения категории S2 (гидроиспытания)  
SRK - напряжения категории SRK  
SAF - напряжения категории SAFk

DISP - вывод перемещений  
SUPP - вывод реакций опор  
FORC - вывод внутренних усилий

>>> Таблица 12. Данные для оценки накопленной повреждаемости

История нагружения	Число циклов
LC004 -> LC002	1000
LC004 -> LC005	100

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.2.					Лист
										38

## Сводные таблицы по результатам расчета

Таблица 13. Максимальные напряжения категории S2 (НУЭ) + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения S2 (НУЭ)>
PIPE	11	13	100	170	0.59	
BEND	13	14	124	170	0.73	
TEE	5		78	187	0.42	

Таблица 14. Максимальные напряжения категории SRK + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения Srk (НУЭ)>
PIPE	11	13	89	387	0.23	
BEND	18	19	205	387	0.53	
TEE	11		157	421	0.37	

Таблица 15. Максимальные напряжения категории SAF + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения Saf (НУЭ)>
PIPE	11	13	43	277	0.16	
BEND	46	47	149	277	0.54	
TEE	11		97	277	0.35	

Таблица 16. Максимальные напряжения категории S2 (Гидроиспытания) + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения S2 (ГИ)>
PIPE	11	13	146	245	0.60	
BEND	13	14	181	245	0.74	
TEE	9		103	278	0.37	

Таблица 17. Максимальные напряжения категории SRK + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения SRK (Хол.сост.->ГИ)>
PIPE	11	13	129	424	0.30	
BEND	32	33	241	424	0.57	
TEE	5		158	479	0.33	

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

Таблица 18. Максимальные напряжения категории SAF

+ проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения SAF (Хол.сост.->ГИ)>
PIPE	11	13	63	277	0.23	
BEND	32	33	199	277	0.72	
TEE	5		103	277	0.37	

Таблица 19. Максимальные напряжения категории S2 (ПЗ, 1 категория) + проходит

элемент	узел1	узел2	расчет	допуск	FS	<Напряжения S2 (ПЗ)>
PIPE	6	18	101	209	0.48	
BEND	18	19	125	209	0.60	
TEE	9		123	230	0.53	

Таблица 20. Расчет накопленной повреждаемости + проходит

элемент	Уравн.	узел1	узел2	расчет	допуск	FS
PIPE	Srk	11	13	129	424	0.30
BEND	Srk	32	33	241	424	0.57
TEE	Srk	11		157	421	0.37
PIPE	Saf	11	13	64		
BEND	Saf	32	33	204		
TEE	Saf	5		111		
PIPE	CUF	4	5	0.001	1.00	0.00
BEND	CUF	46	47	0.038	1.00	0.04
TEE	CUF	11		0.005	1.00	0.01

Таблица 21. Максимальные перемещения.

Узел	X	Y	Z	XX	YY	ZZ	
38	0	0	0	0.000	0.000	0.000	Весовые перемещения (НУЭ)
45	10	-1	28	0.000	0.002	0.000	Видимые перемещения (НУЭ)
45	0	0	0	0.000	0.000	0.000	Полные перемещения (ГИ)
45	0	0	0	0.000	0.000	0.000	Перемещения от веса (ГИ)
45	0	0	0	0.000	0.000	0.000	Видимые перемещения (Хол.сост.->ГИ)
45	44	43	0	0.010	0.010	0.002	Сейсмические перемещения

Примечания:

X,Y,Z - перемещения, мм;

XX, YY, ZZ - углы поворотов, рад;

Таблица 22. Максимальные нагрузки на опоры.

Узел	type	CS	FX(A)	FY(H)	FZ(N)	MX(A)	MY(H)	MZ(N)
------	------	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

-----

Нагрузки в раб. состоянии

4 sup G 1149053684421 -126525 -8552 -148876-14994190  
 1 sup G 9985264208096 -126161 18702 -156141 14995113  
 23 guid L 3126 6679 3735  
 G -3735 6679 3126

Нагрузки в хол. состоянии

1 sup G -7 5 -10349 260 -12360 110  
 36 slid G 0 0 -31533

Нагрузки при гидроиспытании

1 sup G -8 6 -12816 325 -15286 136  
 36 slid G 0 0 -38894

-----

Примечания:

CS - система координат (G - глобальная, L - локальная)

FX, FY, FZ - силы, Н

MX, MY, MZ - моменты, Н\*м

A, H, N - локальные оси координат.

**Вывод:**

**Расчетные напряжения меньше допустимого – условие прочности выполняется.**

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	№ 243/12-09-Р.2.					Лист
										41

## 10. Расчет шпилек главного разъёма

Расчет выполнен с использованием ПНАЭ Г-7-002-86  
(в соответствии с п. 3 Приложения 5)

### 1. исходные данные для расчета

**Материал фланцев - Сталь 20**

**Материал шпилек - Сталь 25Х1МФ**

**Материал мембран - Сталь 20К**

**T := 245 град С - рабочая температура**

**Prab := 36 кгс/см<sup>2</sup> рабочее давление**

$P_{\text{гд}} := 50 \text{ кгс/см}^2$  давление гидротестирования

### 1.1. исходные данные по шпилькам и гайкам

**z := 58** количество шпилек

$d := 6.0 \text{ см}$ , диаметр стержня шпильки

$d_1 := 5.15 \text{ см}$ , діаметр впадин шпильки

$h' := 4\text{ см}$ , высота рабочей части резьбы

**H := 4.7 см, высота гайки**

D1 := 352.5 см, диаметр окружности шпилек

$\sigma_{y1} := 6406 \text{ кгс/см}^2$  предел прочности

$\sigma_{t1} := 5008 \text{ кгс/см}^2$  предел текучести

$E1 := 2 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup> модуль упругости

## 1.2. исходные данные по фланцам

1: = 12 см, толщина в месте крепления

1k := 33 см, длина стержня шпильки между нижним торцом гайки первого фланца и верхним торцом второго фланца

$d_o := 6.4 \text{ см}$ , диаметр отверстия

$$D := \frac{D1 \cdot \pi}{z}$$

$\sigma_{\text{в2}} := 4550 \text{ кгс/см}^2$  предел прочности

$\sigma_{t2} := 1730 \text{ кгс/см}^2$  предел текучести

$E2 := 1.9 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$  модуль упругости

### 1.3. исходные данные по прокладке (мембране)

$d_2 := 344.5$  см, диаметр прокладки

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата	$\sigma_{\text{в1}} := 6406 \text{ кгс/см}^2$ предел прочности
					$\sigma_{\text{т1}} := 5008 \text{ кгс/см}^2$ предел текучести
					$E_1 := 2 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$ модуль упругости
					<b>1.2. исходные данные по фланцам</b>
					$l := 12 \text{ см}$ , толщина в месте крепления
					см, длина стержня шпильки между нижним торцом гайки первого фланца
					$l_k := 33$ и верхним торцом второго фланца
					$d_o := 6.4 \text{ см}$ , диаметр отверстия
					$D := \frac{D_1 \cdot \pi}{z}$
					$\sigma_{\text{в2}} := 4550 \text{ кгс/см}^2$ предел прочности
					$\sigma_{\text{т2}} := 1730 \text{ кгс/см}^2$ предел текучести
					$E_2 := 1.9 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$ модуль упругости
					<b>1.3. исходные данные по прокладке (мембране)</b>
					$d_2 := 344.5 \text{ см}$ , диаметр прокладки
	</				

$b := 7 \text{ см}$ , ширина прокладок

$h := 1 \text{ см}$ , толщина прокладок

$q_{\max} := 1250 \text{ кгс/см}^2$  максимальное условное давление

$E3 := 1.85 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$  модуль упругости (условный)

## 2. расчет

### 2.1. Расчет коэффициента основной нагрузки

$b2 := \sqrt{10 \cdot b}$  эффективная толщина прокладки

коэффициент податливости резьбового соедин

$$\lambda_{pc} := \frac{1k + 0.6 \cdot d}{z \cdot E1 \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi}$$

$$\lambda_{pc} = 1.116 \cdot 10^{-8} \text{ см/кг}$$

Расчет коэффициентов податливости фланцев и прокладок

выполнен на программе ANSYS (аттестат ГАН №145 от 31.10.2002г.).

Бессрочная лицензия для ООО «Ресурс» на использование ANSYS №00497198

коэффициент податливости фланцев

$$\lambda_k := 2.24 \cdot 10^{-6} \text{ см/кг}$$

коэффициент податливости прокладок

$$\lambda_2 := 8.4 \cdot 10^{-8} \text{ см/кг}$$

коэффициент податливости деталей системы шпильки

$$\lambda_1 := \lambda_k + \lambda_{pc}$$

$$\lambda_1 = 2.251 \cdot 10^{-6} \text{ см/кг}$$

коэффициент основной нагрузки

$$\chi := \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

$$\chi = 0.036$$

### 2.2. Расчет усилия начальной затяжки

$$m := 3.0$$

прокладочный коэффициент (согласно п.п. 3.6.4 ПНАЭ Г-7-002-86)

$$q_0 := \frac{80}{\sqrt{10 \cdot b}}$$

$$q_0 = 9.562 \text{ кгс/см}^2$$

$$P2' := \pi \cdot d2 \cdot b2 \cdot Prab \cdot m$$

$$P2' = 9.779 \cdot 10^5 \text{ кгс, усилие на прокладку в рабочем состоянии}$$

$$P2'' := \pi \cdot d2 \cdot b2 \cdot Pgi \cdot m$$

$$P2'' = 1.358 \cdot 10^6 \text{ кгс, усилие на прокладку при ГИ}$$

$$P2''' := \pi \cdot d2 \cdot b2 \cdot q_0$$

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № д/бл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.2.



$P2'' = 8.658 \cdot 10^4$  кгс, усилие для обжатия прокладки

$P2''' := P2'' + (1 - \chi) \cdot (0.785 \cdot d2 \cdot Pgi)$

кгс, усилие для плотности стыка  
 $P2''' = 1.371 \cdot 10^6$  при ГИ

$Ft := \frac{1.15 \cdot 10^{-5} \cdot (lk - 2 \cdot h) \cdot (T - 20) + 1.15 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot h \cdot (T - 20) - 1.33 \cdot 10^{-5} \cdot lk \cdot (T - 20)}{\lambda_2 + \lambda_1 + \lambda_k}$

кгс, усилие вызванное  
температурным расширением  
 $Ft = -2.921 \cdot 10^3$

$P2'''' := (P2' + (1 - \chi) \cdot (0.785 \cdot d2 \cdot Prab)) - Ft$

кгс, усилие для плотности стыка  
при рабочих условиях  
 $P2'''' = 9.902 \cdot 10^5$

$P2 := \max(P2' \ P2'' \ P2''' \ P2'''' \ P2''''')$

$P2 = 1.371 \cdot 10^6$

принимаем наибольшее значение

$P2 := P2 \cdot 1.4$

$P2 = 1.92 \cdot 10^6$

с учетом коэффициента затяжки

### 2.3. Расчет усилия на прокладке

$Fpr' := P2$

$Fpr' = 1.92 \cdot 10^6$  усилие на прокладке при затяжке

$Fpr'' := P2 - (1 - \chi) \cdot (0.785 \cdot d2 \cdot Pgi)$

$Fpr'' = 1.907 \cdot 10^6$  усилие на прокладке при ГИ

$Fpr''' := P2 - (1 - \chi) \cdot (0.785 \cdot d2 \cdot Prab) + Ft$

$Fpr''' = 1.907 \cdot 10^6$  усилие на прокладке при НУЭ

$Fpr := \max(Fpr' \ Fpr'' \ Fpr''')$

$Fpr = 1.92 \cdot 10^6$  принимаем наибольшее значение

$qpr := \frac{Fpr}{\pi \cdot d2 \cdot b2}$

$qpr = 212.015$  кгс/см<sup>2</sup> давление на прокладке

условие.  $qpr < qmax$

$qmax = 1.25 \cdot 10^3$  кгс/см<sup>2</sup>

условие работоспособности выполняется

### 2.4. Расчет напряжений в шпильках

усилие на шпильках при затяге

$Fw' := P2$

$Fw' = 1.92 \cdot 10^6$  кгс

усилие в шпильках при ГИ

$Fw'' := P2 + \chi \cdot (0.785 \cdot d2 \cdot Pgi)$

$Fw'' = 1.92 \cdot 10^6$  кгс

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

усилие в шпильках при рабочих условиях

$$Fw''' := P2 + \chi \cdot (0.785 \cdot d2 \cdot Prab) + Ft$$

$$Fw''' = 1.917 \cdot 10^6 \text{ кгс}$$

$$Fw := \max((Fw' \quad Fw'' \quad Fw'''))$$

$$Fw = 1.92 \cdot 10^6 \text{ принимаем наибольшее значение}$$

крутящий момент на одну шпильку

$$Mk := 0.13 \cdot P2 \cdot \frac{d}{z}$$

$$Mk = 2.582 \cdot 10^4 \text{ кгс*см}$$

напряжение растяжения в шпильке (включая температурные)

$$\sigma_m := \frac{Fw}{0.785 \cdot d1^2 \cdot z}$$

$$\sigma_m = 1.59 \cdot 10^3 \text{ кгс/см}^2$$

напряжение кручения в шпильке

$$\tau_s := \frac{Mk}{0.196 \cdot d1^3}$$

$$\tau_s = 964.371 \text{ кгс/см}^2$$

учет действия сейсмических нагрузок в шпильках

$$M := 3.6 \cdot 10^7 \text{ кгс*см, изгибающий момент (от сейсмических нагрузок)}$$

$$J := 25474844 \text{ см}^4, \text{ момент инерции сечения шпилек}$$

$$h_x := \frac{D1 + d}{2} \text{ см, расстояние от оси до максимально удаленной точки окружности шпилек}$$

$$W := \frac{J}{h_x}$$

$$W = 1.421 \cdot 10^5 \text{ см}^3, \text{ момент сопротивления шпилек}$$

$$\sigma_s := \frac{M}{W}$$

$$\sigma_s = 253.309 \text{ кгс/см}^2, \text{ напряжение изгиба в шпильках (от сейсмических нагрузок)}$$

общее напряжение изгиба в шпильке

$$\sigma_i := \frac{\int_0^{\frac{D1}{2}} Pgi \cdot x dx}{0.1 \cdot d1^3}$$

$$\sigma_i = 980.276 \text{ кгс/см}^2, \text{ напряжение изгиба (от рабочих нагрузок)}$$

$$\sigma_o := \sigma_i + \sigma_s$$

$$\sigma_o := \sigma_i + \sigma_s$$

Подпись и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

$\sigma_0 = 1.234 \cdot 10^3$  напряжение среза резьбы

$$\tau_p := \frac{F_w}{\pi \cdot d_1 \cdot h' \cdot z \cdot 0.7 \cdot 0.6}$$

$$\tau_p = 1.218 \cdot 10^3 \text{ кгс/см}^2$$

Условия прочности по группам

расчетное напряжение	допустимое напряжеение	выполняемость условия
$\sigma_m = 1.59 \cdot 10^3$	$\min \left( \frac{\sigma_{v1}}{2.6} \frac{\sigma_{t1}}{2} \right) = 2.464 \cdot 10^3$	да
$\sigma_m + \sigma_0 + \tau_s = 3.788 \cdot 10^3$	$\min \left( \frac{\sigma_{v1}}{2.6} \frac{\sigma_{t1}}{2} \right) \cdot 1.7 = 4.189 \cdot 10^3$	да
$\sigma_m + \sigma_0 + \tau_s + 5 \cdot \tau_p = 9.878 \cdot 10^3$	расчетное количество циклов с данной амплитудой 290 по рис.5.10. ПНАЭ Г-7-002-86	да

По результатам расчета условие статической и циклической прочности выполняется

Ине. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подпись и дата	<div>№ 243/12-09-Р.2.</div>	Лист
						46
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## 11. Расчет на циклическую прочность

Определяем эффективный коэффициент концентрации напряжений по рекомендациям, приведенным в гл.20 [14]. Коэффициент вычисляем для зоны примыкания патрубка питательной воды к корпусу. Используем приложение 2 [14], расчетную схему пластины с отверстием -  $K_\sigma = 1,45$ . Тогда амплитуду напряжений соответствующего цикла в зоне концентрации находим как  $K_\sigma \cdot \sigma_{\text{экв}}$ .

Для расчета на сейсмостойкость принимаем коэффициент концентрации  $K_\sigma = 1,8$  – для зоны примыкания опоры к корпусу (используем расчетную схему ступенчатой полосы, нагруженной изгибающим моментом).

Основные параметры циклов, а именно максимальное условное упругое напряжение цикла  $\sigma_F$  и амплитуда циклического напряжения  $\sigma_{aF}$  сведены в таблицу:

Наименование цикла	$\sigma_F$ , МПа	$\sigma_{aF}$ , МПа	Кол-во циклов
пуск из ХО до ХО	420,9	420,9	150
ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ	420,9	96,1	50
ГИ	526,4	526,4	15

### 11.1 Пуск из ХО до ХО

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

#### 1.Исходные данные:

$R_m$ =	392	МПа	временное сопротивление материала
$R_{p0.2}$ =	216	МПа	предел текучести материала
$Z$ =	39	%	относительное сужение образца
$\sigma_F$			максимальное приведенное условное упругое напряжение цикла с учетом коэфф концентрации (по рис. напряженно-деформированного состояния)
=	420,9	МПа	
$\sigma_{aF}$			амплитуда циклического напряжения
=	420,9	МПа	
$E$ =	186000	МПа	модуль упругости материала
$N_0$ =	100		наработанное количество циклов, принято исходя из годовой наработки, количества лет в эксплуатации и прогноза

#### 2.Проверка условий применимости формул:

Расчетные формулы применимы при

$$0.7 \geq \frac{R_{p0.2}}{R_m} = 0,55 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

$$10^{12} \geq N_0 = 100 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
------	------	-------------	---------	------

№ 243/12-09-Р.2.

Лист

47

### 3.Расчет:

#### 3.1. Коэффициент асимметрии цикла

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

#### 3.2. Характеристика прочности Rc

$$Rc = Rm (1 + 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot Z) = 606,032 \text{ МПа}$$

#### 3.3. Характеристика пластичности $e_c$

$$e_c = 1,15 Lg \frac{100}{100 - Z} = 0,247$$

#### 3.4. Характеристики материала $m$ , $m_e$ и $R_{-1}$

определяются по таблице 5.7.

$$m = 0,5$$

$$R_{-1} = 0,4 Rm = 156,8 \text{ МПа}$$

$$m_e = 0,1321 \cdot Lg \left( \frac{Rm}{R_{-1}} \cdot (1 + 1,4 \cdot 10^{-2} Z) \right) = 0,078$$

#### 3.5. Коэффициенты запаса прочности

$$\begin{aligned} n_{\sigma} &= 2 \quad \text{по напряжениям} \\ n_N &= 10 \quad \text{по числу циклов} \end{aligned}$$

#### 3.6. Допустимая амплитуда условного упругого напряжения

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{n_{\sigma} (4No)^m} + \frac{Rc}{n_{\sigma} \left[ (4No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r} \right]} = 1338,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{(4n_N No)^m} + \frac{Rc}{(4n_N No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r}} = 1044,5 \text{ МПа}$$

Подпись и дата

Име. № дубл.

Взам. инв. №

Подпись и дата

Име. № подл.

#### 4.Проверка условия

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

$$1044,5 \text{ МПа} > 420,90 \text{ МПа}$$

условие прочности выполняется

Максимальное допустимое количество циклов с указанными параметрами 1830

$$K_{п.хo-xo} = 100/1830 = 0,0546$$

#### 11.2 ПЗ в режиме НУЭ+ПЗ

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

##### 1.Исходные данные:

Rm=	392	МПа	временное сопротивление материала
Rp02=	216	МПа	предел текучести материала
Z=	39	%	относительное сужение образца
$\sigma_F$			максимальное приведенное условное упругое напряжение цикла с учетом коэфф концентрации (по рис. напряженно-деформированного состояния)
=	420,9	МПа	
$\sigma_{aF}$			
=	96,1	МПа	амплитуда циклического напряжения
E=	186000	МПа	модуль упругости материала
			наработанное количество циклов, принято исходя из годовой наработки, количества лет в эксплуатации и прогноза
No=	50		

##### 2.Проверка условий применимости формул:

Расчетные формулы применимы при

$$0.7 \geq \frac{Rp_{02}}{Rm} = 0,55 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

$$10^{12} \geq No = 50 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

##### 3.Расчет:

3.1. Коэффициент асимметрии цикла

$$r = \frac{\sigma_F - 2\sigma_{aF}}{\sigma_F} = 0,543359$$

### 3.2. Характеристика прочности Rc

$$R_c = R_m (1 + 1.4 \cdot 10^{-2} \cdot Z) = 606,032 \text{ МПа}$$

### 3.3. Характеристика пластичности $e_c$

$$e_c = 1.15 Lg \frac{100}{100 - Z} = 0,247$$

### 3.4. Характеристики материала m, me и R-1

определяются по таблице 5.7.

$$m = 0,5$$

$$R-1 = 0,4 R_m = 156,8 \text{ МПа}$$

$$m_e = 0.1321 \cdot Lg \left( \frac{R_m}{R_{-1}} \cdot (1 + 1.4 \cdot 10^{-2} Z) \right) = 0,078$$

### 3.5. Коэффициенты запаса прочности

$$\begin{aligned} n_{\sigma} &= 2 \text{ по напряжениям} \\ n_N &= 10 \text{ по числу циклов} \end{aligned}$$

### 3.6. Допустимая амплитуда условного упругого напряжения

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{n_{\sigma} (4No)^m} + \frac{R_c}{n_{\sigma} \left[ (4No)^{me} + \frac{1+r}{1-r} \right]} = 1685,4 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_c}{(4n_N No)^m} + \frac{R_c}{(4n_N No)^{me} + \frac{1+r}{1-r}} = 1143,7 \text{ МПа}$$

### 4. Проверка условия

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

$$1143,7 \text{ МПа} > 96,10 \text{ МПа}$$

условие прочности выполняется

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

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

№ 243/12-09-Р.2.

Лист

50

Максимальное допустимое количество циклов с указанными параметрами не определялось т.к. амплитуда циклического напряжения меньше предела усталости, а коэффициент повреждаемости стремиться к нулю.

### 11.3 ГИ

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

#### 1.Исходные данные:

Rm=	402	МПА	временное сопротивление материала
Rp02=	216	МПА	предел текучести материала
Z=	40	%	относительное сужение образца
$\sigma_F$			максимальное приведенное условное упругое напряжение цикла с учетом коэфф концентрации (по рис. напряженно-деформированного состояния)
=	526,4	МПА	
$\sigma_{aF}$			амплитуда циклического напряжения
=	526,4	МПА	
E=	200000	МПА	модуль упругости материала
			наработанное количество циклов, принято исходя из годовой наработки, количества лет в эксплуатации и прогноза
No=	15		

#### 2.Проверка условий применимости формул:

Расчетные формулы применимы при

$$0.7 \geq \frac{Rp_{02}}{Rm} = 0,54 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

$$10^{12} \geq No = 15 \quad \text{условие применимости выполняется}$$

#### 3.Расчет:

3.1. Коэффициент асимметрии цикла

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

3.2. Характеристика прочности Rc

$$Rc = Rm (1 + 1.4 \cdot 10^{-2} \cdot Z) = 627,12 \text{ МПА}$$



### 3.3. Характеристика пластичности $e_s$

$$e_s = 1.15 Lg \frac{100}{100 - Z} = 0,255$$

### 3.4. Характеристики материала $m$ , $m_e$ и $R_{-1}$

определяются по таблице 5.7.

$$m = 0,5$$

$$R_{-1} = 0,4 R_m = 160,8 \text{ МПа}$$

$$m_e = 0.1321 \cdot \lg \left( \frac{R_m}{R_{-1}} \cdot (1 + 1.4 \cdot 10^{-2} Z) \right) = 0,078$$

### 3.5. Коэффициенты запаса прочности

$$\begin{aligned} n_{\sigma} &= 2 \quad \text{по напряжениям} \\ n_N &= 10 \quad \text{по числу циклов} \end{aligned}$$

### 3.6. Допустимая амплитуда условного упругого напряжения

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_s}{n_{\sigma} (4No)^m} + \frac{Rc}{n_{\sigma} \left[ (4No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r} \right]} = 3521,4 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_{aF} = \frac{E \cdot e_s}{(4n_N No)^m} + \frac{Rc}{(4n_N No)^{m_e} + \frac{1+r}{1-r}} = 2463,7 \text{ МПа}$$

### 4. Проверка условия

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

$$2463,7 \text{ МПа} > 526,40 \text{ МПа}$$

условие прочности выполняется

Максимальное допустимое количество циклов с указанными параметрами 1020

$$K_{п.ги} = 15/1020 = 0,0147$$

<div>Подпись и дата</div> <div>Инв. № дубл.</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Подпись и дата</div> <div>Инв. № подл.</div>						<div>Лист</div> <div>52</div>
					№ 243/12-09-Р.2.	
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

$$\begin{aligned} K_{\text{п}} &= K_{\text{п.хо-хо}} + K_{\text{п.ги}} = \\ &= 0,0546 + 0,0147 = 0,0693 \\ 0,0693 &< 1 \end{aligned}$$

**условие прочности выполняется**

[illegible]

## 12 . Лист регистрации изменений

[illegible]

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

### 13 . Список использованных источников

1. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. Изд. 2-е, испр. М.:Едиториал УРСС, 2004г. – 272с.
2. Басов К.А. Ansys в примерах и задачах/ Под общ. Ред. Д.А. Красковского.- М.: КомпьютерПресс, 2002.-224 с.:ил.
3. Басов К.А. Ansys: справочник пользователя. – М.:ДМК Пресс, 2005.-640с., ил.
4. Басов К.А. Графический интерфейс комплекса Ansys. – М.:ДМК Пресс, 2006. – 248с., ил.
5. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
6. ГОСТ 24755-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.
7. ГОСТ 26202-84. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
8. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541с.
9. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
10. РД ЭО 0330-01 Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации.
11. Сейсмостойкость атомных электростанций. Кирилов А.П. – М.: Энергоатомиздат, 1985г. –184с.
12. «Прочность, устойчивость, колебания», том.1-3 под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. М., «Машгиз», 1968 г.
13. «Резьбовые и фланцевые соединения» под ред. И.А. Биргера, Г.Б. Иосилевича. – М.: Машиностроение, 1990. – 368с.: ил.
14. Справочник по сопротивлению материалов/ Писаренко Г.С., - 2-е изд., - Киев. 1988г. – 736с.
15. Тепловой анализ в ANSYS/ Методическое пособие – Екатеринбург, «Делкам-Урал», 2006г. – 147с.
16. СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах.


Име. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Име. № д/усл.	Подпись и дата	№ 243/12-09-Р.2.					Лист
										55
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата						

**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**  
« 20 » 02 20 10 г.

**Программа**

**обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса  
подогревателей высокого давления ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б системы регенерации  
высокого давления RD энергоблока № 1 Балаковской АЭС**

**РАЗРАБОТАНО**

Технический директор ООО «Ресурс»

 **С.Н. Доронкин**  
« 15 » 01 20 10 г.

Воронеж 2010

**ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГООБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**


**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ  
ООО «РЕСУРС»**

Начальник отдела экспертизы  
оборудования АС ООО «Ресурс»

 В.А. Адамов

« 23 » 12 2009 г.

Ведущий эксперт по ТД  
оборудования АЭС

 С.Г. Фиш

« 16 » 12 2009 г.

ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГООБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС

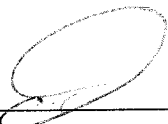
ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ БАЛАКОВСКОЙ АЭС

Начальник ТЦ-1

 Л.Ю. Колпаков

“15” 02 2000 г.

Начальник ОДМ

 С. В. Якушев

“15” 02 2000 г.

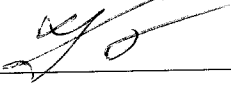
Начальник ОМиПРО

 И. А. Шевнина

“15” 02 2000 г.

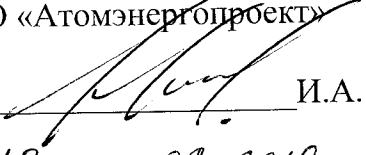
ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ОАО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»

Заместитель главного инженера  
ОАО «Атомэнергопроект»

 Г.И.Кутюрин

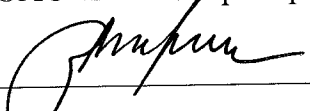
« 19 » 02. 2010

Главный инженер проекта  
ОАО «Атомэнергопроект»

 И.А. Чистозвонов

« 18 » 02. 2010

Начальник БКП-1  
ОАО «Атомэнергопроект»

 В.В.Воронцов

« 17 » 02. 2010

Начальник БКП-6  
ОАО «Атомэнергопроект»

 З.С.Казачкова

« 17 » 02. 2010







Государственный научный центр  
Российской Федерации

\*\*\*

Открытое акционерное общество  
«Научно-производственное объединение  
«Центральный научно-исследовательский институт  
технологии машиностроения»

\*\*\*

ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»  
115088, Москва, Шарикоподшипниковская, 4  
Телефон: 675-83-02. Факс: 674-21-96

<http://www.cniitmash.ru>

E-mail: [cniitmash@cniitmash.ru](mailto:cniitmash@cniitmash.ru)

ИНН 7723564851 КПП 772301001

16.02.2010 г. № 02/02-6/н ВП

Главному инженеру филиала  
ОАО "Концерн Энергоатом"  
«Балаковская атомная станция»  
Бессонову В.Н.  
(8453) 33-26-38

Уважаемый Валерий Николаевич!

Согласовываем следующие программы обследования, оценки технического состояния и остаточного ресурса:

1. ДИЗЕЛЕЙ Г78 С СИСТЕМАМИ (ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ) РДЭС ЭНЕРГОБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС
2. МАСЛООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН МАРКИ ПСМ 2-4-04 (1QD15N01, 1QD25N01, 1QD35N01) СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА РЕАКТОРНОГО ЦЕХА ЭНЕРГОБЛОКА №1 Балаковской АЭС
3. ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГОБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС
4. ТРУБОПРОВОДОВ 1 ОТБОРА К ПВД-7А И ПП, ПВД-7Б И ПП ТУРБИННОГО ЦЕХА ЭНЕРГОБЛОКА №1
5. ТРУБОПРОВОДОВ 3 ОТБОРА К КСН ТУРБИННОГО ЦЕХА ЭНЕРГОБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС
6. ЦВД 1SA10Z01 ТУРБИНЫ ПАРОВОЙ К-1000-60/1500-2 ЭНЕРГОБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС

Заместитель генерального директора

Попов В.С.

ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГООБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»

Заместитель генерального директора  
ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»

письмо № 02/02-БН ВН В.С. Попов

« 16 » 02 2008 г.

Заведующий лабораторией

письмо № 02/02-БН ВН В.П. Пронин

« 16 » 02 2008 г.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1	Назначение и область применения, цель программы .....	8
2	Общие положения .....	8
3	Цель работ.....	9
4	Основание для разработки.....	9
5	Организация и порядок проведения обследования.....	9
6	Анализ технической документации.....	12
7	Анализ надежности элементов.....	12
8	Выявление повреждающих факторов и механизмов старения.....	12
9	Установление определяющих параметров технического состояния и старения, установление критериев предельного состояния.....	12
10	Методы, средства, объемы, методики контроля.....	12
11	Возможность увеличения объема контроля по результатам предварительного анализа.....	17
12	Обоснование выбора элементов для проведения дополнительного контроля.....	17
13	Оценка технического состояния.....	
14	Расчетное обоснование и оценка ресурсных характери- стик.....	17
15	Требования к оформлению отчетной документации по результатам отдельных работ (этапов работ), к согласованию и утверждению Заключения и Решения (технического решения).	17
16	Перечень использованной литературы	19

**ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

**Перечень сокращений**

АЭС	атомная электростанция
БАЭС	Балаковская атомная электростанция
ВВЭР	водо-водяной энергетический реактор
ВК	визуальный контроль
ВО	визуальный осмотр
ВХР	водно-химический режим
ИМС	измерение механических свойств
КК	капиллярный контроль
НД	нормативный(ые) документ(ы)
ОМ	основной металл
ОШЗ	околошовная зона
ПКД	проектно-конструкторская документация
РД	руководящий документ
СС	сварное(ые) соединение(ния)
СШ	сварной шов
ТО	техническое освидетельствование
УЗК	ультразвуковой контроль
УЗТ	ультразвуковая толщинометрия
МПК	магнитопорошковый контроль
НВ	контроль твердости
ГОСТ	государственный стандарт
ППР	планово предупредительный ремонт
ТОиР	техническое обслуживание и ремонт
АЭУ	атомная энергетическая установка
ЭД	эксплуатационная документация
ООО	общество с ограниченной ответственностью
ПВД	подогреватель высокого давления

## 1 Назначение и область применения, цель программы

1.1. Настоящая Программа распространяется на подогреватели высокого давления ПВД-6а (рег.№294А, зав.№45441), ПВД-6б (рег.№295А, зав.№4544), ПВД-7а (рег.№296А, зав.№4542), ПВД-7б (рег.№297а, зав.№45445), входящие в систему регенерации высокого давления RD энергоблока №1 Балаковской АЭС.

1.2. Программа определяет виды, методы и объёмы работ по обследованию, анализу и обоснованию технического состояния и остаточного ресурса, а также организацию и порядок их выполнения, требования к отчётной документации.

## 2 Общие положения

2.1. ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б в соответствии с ПН АЭ Г-01-011-97 (ОПБ-88/97) [1], относятся к элементам нормальной эксплуатации и имеют классификационное обозначение ЗН.

2.2. Система регенерации высокого давления RD предназначена для регенеративного подогрева питательной воды и включает в себя две группы ПВД. В каждой группе имеется два последовательно включенных по питательной воде подогревателя ПВД-6,7. В качестве подогревателей использованы ПВ-2500-97-28 и ПВ-2500-97-18. Источником пароснабжения для ПВД-7 служит 1-ый отбор турбины, для ПВД-6 2-ой отбор. Принят безнасосный слив конденсата греющего пара из ПВД-7 каскадно в ПВД-6, а из ПВД-6 в ПВД-7. В схеме ПВД предусмотрено использование тепла конденсата 2-ой ступени СПП, который вводится в ПВД-7, и 1-ой ступени СПП, который вводится в ПВД-6. Корпусы ПВД-6,7 защищены от повышения в них давления потоками конденсата более высоких параметров.

Подогреватели высокого давления представляют собой аппарат сварной конструкции вертикального типа с фланцевым разъемом. Основными узлами подогревателя являются корпус и трубная часть. Трубная часть состоит из шести коллекторных труб связанных теплообменными трубками (змеевиками), образующих три зоны поверхностей нагрева: зону охлаждения перегретого пара (ОП), зону конденсации пар (СП) и зону охладителя конденсата (ОД).

Корпусные детали и коллектора выполнены из сталей марок 09Г2С по ГОСТ 5520, 20 по ГОСТ 1050, 16ГС по ГОСТ 8479.

Программа разработана на основании и с учётом требований:

- правил устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПН АЭ Г-7-008-89;
- норм расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПН АЭ Г-7-002-86;
- оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и насосов энергоблоков атомных станций. РД ЭО 1.1.2.09.0774-2008;
- оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля. ПН АЭ Г-7-010-89;

2.3. Обследование и оценка технического состояния и остаточного ресурса ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б включают в себя следующие этапы работ:

- анализ технической документации;
- выявление повреждающих факторов и механизмов старения;
- установление определяющих параметров технического состояния и старения, установление критериев предельного состояния;
- неразрушающий контроль элементов ПВД;
- оценка технического состояния;
- поверочный расчёт на прочность;
- оценка и обоснование остаточного ресурса.

**ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГОБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

2.4. Контроль физико-механических свойств выполняет ООО «Ресурс». Контроль металла другими неразрушающими методами выполняет Балаковская АЭС.

2.5. Для оценки состояния металла элементов ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б допускается засчитывать результаты контроля состояния металла одного или нескольких элементов с их распространением на остальные однотипные элементы.

2.6. Для оценки технического состояния металла элементов ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б допускается засчитывать результаты предыдущего эксплуатационного контроля;

2.7. Балаковская АЭС выполняет необходимые организационно-технические мероприятия по подготовке и проведению контроля ПВД: определяет цеха-исполнители, график расстановки ремонтного персонала и персонала подрядных организаций на период проведения работ, а также ответственное лицо по организации и проведению контроля.

2.8. На основании результатов выполненных по п. 2.3 работ ООО «Ресурс» разрабатывается Заключение по оценке технического состояния и остаточного ресурса, возможности и условиям дальнейшей эксплуатации вышеуказанных ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б.

### **3. Цель работ**

3.1. Целью работ по настоящей Программе является оценка технического состояния и остаточного ресурса, определение и обоснование возможности, сроков и условий дальнейшей эксплуатации ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС.

### **4. Основание для разработки**

4.1. Основанием для разработки Программы являются требования п.п.7.2.3, 7.2.5, 7.2.7 – 7.2.12 СТО 1.1.1.01.006.0327-2008.

### **5. Организация и порядок проведения обследования;**

5.1. Функции организации и проведения работ по техническому обследованию ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б возлагаются на Балаковскую АЭС – предприятие-владелец оборудования.

5.2. Техническое обследование проводится на выведенных в ремонт ПВД в ППР энергоблока № 1.

5.3. Работы по подготовке и выполнению технического обследования производятся по наряду-допуску в последовательности, изложенной в соответствующих нормативных документах, инструкциях по эксплуатации, технологической документации по ремонту.

5.4. ПВД должны быть выведены из работы, отглушены от трубопроводов.

5.5. Обшивка и тепловая изоляция, препятствующие контролю технического состояния, должны быть удалены.

5.6. При необходимости должны быть сооружены леса или другие вспомогательные приспособления.

5.7. Обеспечивается необходимое освещение для возможности проведения работ.

5.8. Зоны контроля по п.10 настоящей программы, должны быть зачищены в соответствии с НТД на соответствующий вид контроля.

5.9. Балаковская АЭС должна представить ООО «Ресурс» – организации, проводящей работы по оценке технического состояния и остаточного ресурса, исходные проектно-конструкторские данные по подогревателям, информацию по истории их эксплуатации (сведения по режимам эксплуатации, циклам нагружений, по модернизациям, заменам, неисправностям, результатам эксплуатационного контроля, ремонтам и пр.).

### **6. Анализ технической документации**

6.1. До начала выполнения обследования следует изучить проектно-конструкторскую и эксплуатационную документацию, информацию по истории эксплуатации ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б энергоблока №1 Балаковской АЭС.

**ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

6.2. Данная процедура выполняется с целью установления исходных проектно-конструкторских требований, анализа и обобщения эксплуатационных данных, которые в дальнейшем используются (наряду с результатами обследования, расчётами на прочность) для оценки технического состояния и остаточного ресурса ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б.

Информационная карта по исходным данным на ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Сведения об исходных данных ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б

Наименование	Сведения об оборудовании			
АЭС	Балаковская АЭС			
Номер блока	1			
Система	Системы регенерации высокого давления RD			
Цех-владелец	ТЦ-1			
Номер помещения (й)	Маш зал			
Конструкторская организация	«Красный котельщик» г.Таганрог			
Обозначение проекта	БАА 211-103л3			
Техническая позиция по проекту				
Класс безопасности по НП-001-97	3Н			
Группа оборудования по ПНАЭ Г-7-008-89	С			
Категория сейсмостойкости по НП-031-01	III			
Предприятие-изготовитель (наименование)	«Красный котельщик» г.Таганрог			
Документы на изготовление и поставку (регистрируемые обозначения)	Разрешение 28/11 от 18.02.1980г.			
Монтажная организация (наименование)	ЦЭМ			
Дата окончания монтажа	01.10.84			
Станционное обозначение	6А	6Б	7А	7Б
Дата ввода в эксплуатацию	1985г.			
Марка основного металла	09Г2С по ГОСТ 5520, 20 по ГОСТ 1050, 16ГС по ГОСТ 8479			
Материалы для сварки и наплавки	проволока (ГОСТ 9087-69 ТУ 14.4.828.77), электроды (ГОСТ 9467)			
Геометрические размеры основных элементов (диаметр, высота или длина, толщина стенки )	Обечайка – 3200x10245x50 Днища – 3200x950x50 Фланцы – 3200x3645x389			
Сведения о технологии сварки (наплавки)	Автоматическая с ручной подваркой, ручная			
Сведения о термообработке	Основные элементы подвергались отпуску, нормализации, нагреву под технологические операции.			
Паспорт (номер по архиву)				
Ресурсные характеристики по конструкторской документации (документ)	Не менее 30 лет (отчет по результатам КО блока 1 БАЭС)			

**ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГООБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

<b>Наименование</b>	<b>Сведения об оборудовании</b>
Температура теплоносителя	6А, 6Б: 216 °С – корпус 180,6 °С – вход п/в 201,4 °С – выход п/в 7А, 7Б: 245 °С – корпус 201,4 °С – вход п/в 224,5 °С – выход п/в
Рабочее давление	6А, 6Б: 21 кгс/см <sup>2</sup> – корпус 120 – трубная часть 7А, 7Б: 36 кгс/см <sup>2</sup> – корпус 120 – трубная часть
Рабочая среда	Корпус – пар, конденсат Трубная часть - питательная вода

В результате анализа:

- технологического регламента эксплуатации энергоблока № 1 БАЭС;
- инструкций по эксплуатации ПВД, технологической документации;
- журналов учёта ТОиР и ремонтных ведомостей;
- документаций по модернизациям, заменам и прочим изменениям проектных решений по ПВД и связанных с ними систем;
- банкам данных по неисправностям ПВД;
- отчётов и актов расследования нарушений в работе энергоблока № 1 БАЭС, имеющие отношение к ПВД;
- выполненных ранее обследований ПВД;
- опросов эксплуатационного и ремонтного персонала.

А так же уточнений в процессе работы:

- конструкции составных частей и комплектующих изделий;
- режимов работы;
- условий эксплуатации, в том числе характеристик циклов нагружения и их количества;
- наработки в часах по каждому ПВД;
- отклонений от нормируемых показателей водно-химического режима;
- зафиксированных случаев отклонения от нормальных условий эксплуатации;
- установленных ресурсных характеристик и показателей надёжности;
- выполненных расчёты на прочность, их соответствие требованиям ПН АЭ Г-7-002-86;
- основных проектных требований, реальных эксплуатационных режимов;
- отказов, повреждений и дефектов, выявленных за период эксплуатации, их причин и последствий, узлов и деталей, наиболее подверженные износу и старению;
- требований к ТОиР, периодичности и характера выполненных ремонтов, оптимальности ТОиР, состояния ремонтной базы и обеспеченность ЗИП;
- результатов ранее выполненных обследований;
- основных повреждающих факторов и критериев предельного состояния.

Составляются информационные карты:



**ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

- сведения о результатах контроля и технического освидетельствования (ТО) оборудования;
- сведения о ремонтах и модернизациях (реконструкциях) оборудования;
- сведения об отказах, повреждениях, дефектах оборудования, проявившихся при эксплуатации;
- сведения об отклонениях показателей качества сред от нормируемых значений;
- сведения об истории нагружения оборудования.

## **7. Анализ надежности элементов**

7.1. Для установления показателей надежности (по ГОСТ 27.002-89 - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования) определяется степень ремонтпригодности элементов ПВД, анализируется принятая стратегия ТОиР, рекомендуемые заводом-изготовителем промежутки между ремонтами, отклонение рабочих параметров от номинальных в т.ч. расходы/скорости пара и воды, степень насыщенности пара и другие показатели, влияющие на эрозионно-коррозионный износ (размыв) основного металла.

## **8. Выявление повреждающих факторов и механизмов старения**

8.1. По результатам анализа технической документации установлено, что доминирующим механизмом старения для корпуса и внешней обшивки теплообменных труб в районе входа греющего пара является эрозионный износ, в связи с резким изменением скорости и направления пара.

Для корпуса в районе СП – коррозионный износ, в связи с конденсацией пара в этом районе, что многократно усиливает коррозию углеродистых сталей.

Для стыков обечайки с фланцами, шпилек, гаек – малоциклическая усталость, в связи с высоким уровнем напряжений и их концентрацией в этой области.

Для узла врезки в входную трубу коллекторов - малоциклическая усталость, в связи с высоким уровнем напряжений и их концентрацией в этой области.

Для узлов сопряжения опор с фундаментом (анкерные связи) и опор с корпусом - малоциклическая усталость, в связи с высоким уровнем температурных напряжений, наличие и качество теплоизоляции.

## **9. Установление определяющих параметров технического состояния и старения, установление критериев предельного состояния**

9.1. В результате анализа технической документации установлены параметры технического состояния, определяющие его работоспособность:

- качество основного и наплавленного металла соответствует ПНАЭ Г-010-89 и механические характеристики металла соответствуют НТД;
- наработанное количество циклов меньше предельно допустимого по каждому отдельному виду нагружения с учетом запаса на весь срок службы и коэффициент повреждаемости ниже единицы;
- прочность основных элементов соответствует ПНАЭ Г-002-86;
- теплообменные характеристики соответствуют допустимым пределам по ТД завода-изготовителя.

9.2. В процессе работы определяющие параметры технического состояния дополняются, уточняются и оформляются в соответствии с таблицей И.3 РД ЭО 1.1.2.09.0774-2008.

Оценка критериев предельного состояния производится по результатам поверочных расчетов на прочность, анализа тепловой схемы аппаратов, сопоставления плана ТОиР с реальными скоростями износа отдельных элементов, режимов работы ПВД.

## 10. Методы, средства, объемы, методики контроля

10.1. Техническое обследование ПВД проводится по Рабочей программе контроля металла подогревателей высокого давления ПВД-7А, 7Б, 6А, 6Б и в соответствии с таблицей 2.

10.2. При установлении видов, объемов и средств контроля учитывались требования следующих нормативных документов:

- ПНАЭ Г-7-016-89. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Визуальный и измерительный контроль.
- ПНАЭ Г-7-017-89. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Радиографический контроль.
- ПН АЭ Г-7-031-91. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Измерение толщины стенки металлов, биметаллов и антикоррозионных покрытий.
- ПНАЭ Г-010-89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля.
- ПН АЭ Г-7-030-91. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Контроль сварных соединений и наплавки.
- РД ЭО-0027-2005. Инструкция по определению характеристик механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости.
- ПНАЭ Г-7-018-89. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Капиллярный контроль.
- ПНАЭ Г-7-015-89. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Магнитопорошковый контроль.
- ГОСТ 9012 “Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю.
- ГОСТ 6996 “Сварные соединения. Методы определения механических свойств”.
- ГОСТ 14782 “Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые”.
- ГОСТ 18442 “Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования”.
- ГОСТ 21105 “Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод”.

Таблица 2 Перечень контролируемых зон ПВД-6а, ПВД-7а, ПВД-6б, ПВД-7б

№ п/п	Наименование узлов и элементов оборудования	Метод контроля	НТД	Нормы оценки качества	Объем контроля	Примечание
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1.	Объем контроля в соответствии с АТПЭ-9-03					
1.1.	Трубная система (коллекторов и спиралей), по- верхность корпуса (с внутренней стороны), включая зону охлаждения	ВК	ПНАЭ Г-7-016- 89	ПНАЭ Г- 7-010-89 ПН АЭ Г- 7-002-86	100	В доступных местах в соответ- ствии с картой контроля
		МПК или КК	ПНАЭ Г- 7-018-89 ПНАЭ Г-7-015- 89		По результатам ВК	
		УЗТ	ПНАЭ Г-7- 031-91		25	УЗТ стенок спиралей в местах наибольшего утонения стенок в доступных местах в соответ- ствии с картой контроля
1.2.	Сварные соединения фланцев с корпусом и крышкой снаружи и изнутри	ВК	ПНАЭ Г-7-016- 89		100	В доступных местах в соответ- ствии с картой контроля от длинны каждого сварного со- единения
		МПК или КК	ПНАЭ Г- 7-018-89 ПНАЭ Г-7-015- 89		10	
		ВК	ПНАЭ Г-7-016- 89		100	
1.3.	Гибы коллекторов трубной системы (участок на- против паровпуска)	УЗТ	ПНАЭ Г-7- 031-91		10-20 точек	только для гибов коллекторов

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1.4.	Сварные угловые соединения патрубков греющего пара, отвода и подвода питательной воды с корпусом (крышкой) и сварные кольцевые соединения трубопроводов с патрубками	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89		100	
		МПК или КК	ПНАЭ Г-7-018-89			
			ПНАЭ Г-7-015-89		100	
2.	Дополнительный объем контроля в рамках работ по ПСЭ					
2.1.	Внутренний кожух и накладные пластины в зоне ОП	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89	ПНАЭ Г-7-010-89 ПНАЭ Г-7-002-86	100	
		УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91		По результатам ВК не менее 4 точек измерений	
2.2.	Корпус в месте патрубка подвода греющего пара на расстоянии 500мм от углового сварного стыка	УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91		Не менее 6 точек измерений	
		ИМС	РД ЭО 0027-05		Не менее 3 замеров	
2.3.	Корпус в зоне КП	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89		100	Обратить внимание на коррозионно-эрозийный износ с внутренней стороны
		УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91		В 2-х сечениях по 4-е точки в каждом разнесенные по 90° по окружности	
2.4.	Радиусные переходы фланцев – от уплотняющей поверхности к поверхности отверстий	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89		100	С внешней стороны

ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б  
СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГООБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
2.5.	Крышка корпуса в месте примыкания к опорной стойке	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89		100	С внешней стороны
2.6.	Поверхность нижнего днища между патрубками входа и выхода питательной воды	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89		100	
2.7.	Узлы крепления опорной стойки	ВК	ПНАЭ Г-7-016-89		100	Обратить внимание на крепежные отверстия
2.8.	Гибы коллекторов и тройники питательной воды 1-е от входа.	УЗТ	ПНАЭ Г-7-031-91		По 3 точки на гйбе По 4 точки на тройнике	В технически доступных местах. В местах возможного эрозийного износа.

## **11. Возможность увеличения объема контроля по результатам предварительного анализа**

11.1. Объем контроля может быть увеличен по результатам предварительного анализа данных, полученных при неразрушающем контроле, предусмотренном настоящей программой.

## **12. Обоснование выбора элементов для проведения дополнительного контроля**

12.1. Выбор элементов для проведения дополнительного контроля проводится на основе анализа КД, ЭД, конструктивных особенностей изделия, результатов эксплуатационного контроля, анализа отказов.

## **13. Оценка технического состояния**

13.1. Оценка технического состояния ПВД выполняется по результатам контроля металла корпусных деталей и трубной системы и анализа работ, выполненных в соответствии с разделами 6, 7, 8, 9, 10, 14 настоящей Программы путем сравнения фактических значений определяющих параметров состояния ПВД с значениями, установленными КД или действующими НД.

13.2. По результатам оценки технического состояния принимается решение о целесообразности проведения работ по техническому обоснованию безопасной эксплуатации ПВД за пределами проектного срока службы.

13.3. В случае не соответствия технического состояния ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б (либо одного из аппаратов) требованиям НТД выдаются рекомендации по приведению отдельных элементов к соответствующим требованиям, оговариваются сроки выполнения мероприятий.

## **14. Расчетное обоснование и оценка ресурсных характеристик**

14.1. Расчёт на прочность выполняется ООО «Ресурс» по действующей нормативной документации и в соответствии с требованиями Норм расчёта на прочность ПН АЭ Г-7-002-86, РД ЭО-0330-01.

14.2. На основании результатов, полученных в соответствии с разделами 6, 7, 8, 9, 10, 14 настоящей Программы и с использованием результатов поверочного расчета производится расчет накопленного повреждения (расчет коэффициента повреждаемости) и остаточного ресурса ПВД

14.3. При необходимости выдаются рекомендации по разработке компенсирующих мероприятий, модернизации, замене отдельных узлов и деталей.

14.4. В соответствии с требованием п. 2.1.11 ПН АЭ Г-7-008-89 должны быть подтверждены и обоснованы возможность выполнения ПВД своих функций и возможность их безопасной эксплуатации на продлеваемый период.

## **15. Требования к оформлению отчетной документации по результатам отдельных работ (этапов работ), к согласованию и утверждению Заключения и Решения (технического решения).**

15.1. Результаты работ по обследованию и оценке технического состояния, и остаточного ресурса ПВД-6А, 6Б, 7А, 7Б выполненных в соответствии с данной Программой, оформляются отчетными документами (выписками из документов, актами, протоколами, заключениями, отчетами, расчётами) в установленном порядке.

**ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГООБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

15.2. По результатам работ, выполненных в соответствии настоящей Программой, ООО «Ресурс» разрабатывается Заключение по оценке технического состояния и остаточного ресурса, возможности и условиям дальнейшей эксплуатации ПВД-6А, 6Б, 7А, 7Б.

15.3. Заключение должно содержать:

- 1) Исходные сведения о ПВД-6А, 6Б, 7А, 7Б.
- 2) Сведения о результатах контроля и технического освидетельствования.
- 3) Сведения о ремонтах и модернизациях (реконструкциях).
- 4) Сведения об отказах, повреждениях, дефектах ПВД, проявившихся при эксплуатации.
- 5) Сведения об отклонениях показателей качества сред от нормируемых значений;
- 6) Сведения об истории нагружения ПВД.
- 7) Краткую информацию о выполненных в соответствии с данной Программой работах (методы и средства контроля, анализа, оценки, обоснования и прогнозирования технического состояния, надёжности и ресурсных характеристик).
- 8) Обобщенные результаты обследований, анализа, оценки, обоснования и прогнозирования технического состояния, ресурсных характеристик (в т. ч. значение остаточного ресурса/срока службы), надёжной и безопасной эксплуатации на продлеваемый период.
- 9) Рекомендации по ремонту, заменам, модернизации.
- 10) Выводы и рекомендации о возможности и условиях продления эксплуатации ПВД (в т. ч. организационно-технические мероприятия по обеспечению должного технического состояния, надёжности, остаточного ресурса и безопасной эксплуатации).

15.4. К Заключению прилагаются выписки из документов, акты, протоколы, заключения, отчеты, прочностные расчёты, перечень организационно-технических мероприятий по обеспечению остаточного ресурса, надёжной и безопасной эксплуатации на продлеваемый период и др.

15.5. На основании Заключения комиссией разрабатывается и принимается Решение о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации ПВД.

## 16. Перечень использованной литературы

1. АТПЭ-9-03. Типовая программа контроля за состоянием основного металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов атомных электростанций с РУ ВВЭР-1000 при эксплуатации.
2. ГОСТ 11878 Сталь аустенитная. Методы определения содержания ферритной фазы в прутках.
3. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
4. ГОСТ 14782 "Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые".
5. ГОСТ 18442 "Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования". ГОСТ 21105 "Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод".
6. ГОСТ 25.506 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости при статическом нагружении.
7. ГОСТ 5639 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна.
8. ГОСТ 5640 Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты.
9. ГОСТ 6996 "Сварные соединения. Методы определения механических свойств".
10. ГОСТ 8233 Сталь. Эталоны микроструктуры.
11. ГОСТ 9012 "Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю.
12. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541с.
13. ПН АЭ Г-01-011-97. Общие положения обеспечения безопасности АС.
14. ПН АЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. М.: Энергоатомиздат, 1989.
15. ПН АЭ Г-7-010-89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля.
16. ПН АЭ Г-7-030-91. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Контроль сварных соединений и наплавки.
17. ПН АЭ Г-7-031-91. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Измерение толщины стенки монометаллов, биметаллов и антикоррозионных покрытий.
18. ПНАЭ Г-010-89. Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля.
19. ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок.
20. ПНАЭ Г-7-015-89. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Магнитопорошковый контроль.
21. ПНАЭ Г-7-016-89. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Визуальный и измерительный контроль.
22. ПНАЭ Г-7-017-89. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Радиографический контроль.
23. ПНАЭ Г-7-018-89. Унифицированные методики контроля основных материалов, сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Капиллярный контроль.
24. ПНАЭ Г-7-032-91 Унифицированные методики неразрушающего контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Ультразвуковой контроль. Ч. 4. Контроль сварных соединений из сталей аустенитного класса.



**ПРОГРАММА ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА  
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПВД - 6А, 6Б, 7А, 7Б СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВЫСОКОГО  
ДАВЛЕНИЯ RD ЭНЕРГОБЛОКА № 1 БАЛАКОВСКОЙ АЭС**

25. Прочность, устойчивость, колебания, том.1-3 под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. М., «Машгиз», 1968 г.
26. РД 26-01-169-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность днищ в местах крепления опор-стоек.
27. РД 26-15-88. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений.
28. РД ЭО 1.1.2.09.0774-2008. Оценка технического состояния и остаточного ресурса трубопроводов, сосудов и насосов энергоблоков атомных станций.
29. РД ЭО-0027-2005. Инструкция по определению характеристик механических свойств металла оборудования атомных электростанций безобразцовыми методами по характеристикам твердости.
30. РД ЭО-0069-97. "Правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций".
31. РД ЭО-0096-98. Типовое положение по управлению ресурсными характеристиками элементов энергоблоков АС.
32. РД ЭО-0199-00 Инструкция по определению содержания ферритной фазы в наплавленном металле сварочных и наплавочных материалах, основном металле сварных швов аустенитных нержавеющей сталей и антикоррозионной наплавке оборудования и трубопроводов АС.
33. РД ЭО-0330-01. Руководство по расчету на прочность оборудования и трубопроводов реакторных установок РБМК, ВВЭР и ЭГП на стадии эксплуатации.
34. РД-ЭО-0180-00. Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса насосов типовых энергоблоков АС. М., 1999.
35. Резьбовые и фланцевые соединения под ред. И.А. Биргера, Г.Б. Иосилевича. – М.: Машиностроение, 1990. – 368с.: ил.
36. Справочник по сопротивлению материалов/ Писаренко Г.С., - 2-е изд., - Киев. 1988г. –
37. СТО 1.1.1.01.006.0327-2008 Продление срока эксплуатации блока атомной станции