

Министерство Российской Федерации по атомной энергии
Фирма "Атомтехэнерго "
Смоленский учебно–тренировочный центр

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по технологии и
качеству Смоленского УТЦ –
главный инспектор

_____ М.А.Лютов

_____ 2001г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор Смоленского УТЦ

_____ Ю.М.Тригуб

_____ 2001г.

Программа подготовки НСРЦ
Курс «Технологические системы»

КМПЦ.
СОСТАВ, НАЗНАЧЕНИЕ, РЕЖИМЫ РАБОТЫ

Пособие обучаемого

СОГЛАСОВАНО

Начальник ОР и РО СППО

_____ С.В.Чудов

_____ 2001г.

Разработал

Инструктор СППО

_____ Г.Ф.Иваничкина

_____ 2001г.

Десногорск
2001г.

Содержание

ЗАНЯТИЕ 1 Устройство и размещение оборудования КМПЦ	3
1.1 Назначение КМПЦ	3
1.2 Состав и технические характеристики КМПЦ	5
1.3 Назначение, устройство, размещение и работа оборудования КМПЦ	8
ЗАНЯТИЕ 2 Конструкции и работа БС	32
2.1 Назначение барабана-сепаратора	32
2.2 Конструкция БС	33
2.3 Работа сепаратора	35
ЗАНЯТИЕ 3 Вывод в ремонт оборудования КМПЦ	40
3.1 Система отвода остаточных тепловыделений реактора при проведении ремонтных работ	40
3.2 Выдержки из Инструкции по организации работ со вскрытием оборудования КМПЦ	45
ЗАНЯТИЕ 4 Режимы работы КМПЦ	47
4.1 Подготовка КМПЦ к пуску	47
4.2 Действия персонала при обнаружении неплотности оборудования КМПЦ	50
4.3 Аварийные защиты блока, связанные с КМПЦ	52

Перечень рисунков

Рисунок 1-1 Разрез РБМК-1000	3
Рисунок 1-2 Всасывающий коллектор	9
Рисунок 1-3 Задвижка запорная	10
Рисунок 1-4 ЦВН-8	11
Рисунок 1-5 Клапан обратный	14
Рисунок 1-6 Дроссельно-регулирующий клапан	15
Рисунок 1-7 Напорный коллектор	17
Рисунок 1-8 Ограничитель течи	18
Рисунок 1-9 РГК в сборе	19
Рисунок 1-10 Запорно-регулирующий клапан	21
Рисунок 1-11 Шариковый расходомер "Шторм-32м"	23
Рисунок 1-12 Технологический канал	25
Рисунок 1-13 Петля КМПЦ	26
Рисунок 1-14 Смеситель питательного узла	28
Рисунок 1-15 Питательный узел	29
Рисунок 2-1 Поперечный разрез барабана-сепаратора	33
Рисунок 2-2 КИП БС	36
Рисунок 2-3 Схема измерения уровня в БС	37
Рисунок 3-1 Режим естественной циркуляции	41
Рисунок 3-2 Режим разорванной естественной циркуляции	42
Рисунок 3-3 Режим барботажа теплоносителя	42
Рисунок 3-4 Режим обратной принудительной циркуляции	43
Рисунок 3-5 Режим принудительной циркуляции с использованием труб САОР	45
Рисунок 4-1 Разогрев и расхолаживание КМПЦ при помощи СПиР	48
Рисунок 4-2 Система локализации аварии	51

Конечная учебная цель

1. Изучение устройства, расположение оборудования КМПЦ.
2. Режимы работы КМПЦ

ЗАНЯТИЕ 1 Устройство и размещение оборудования КМПЦ

Промежуточные учебные цели:

1. Объяснить назначение КМПЦ.
2. Характеристики оборудования КМПЦ, классификация по ОПБ.
3. Назвать расположение оборудования КМПЦ.
4. Назвать параметры работы КМПЦ.
5. Объяснить процессы, происходящие в ТК.

1.1 Назначение КМПЦ

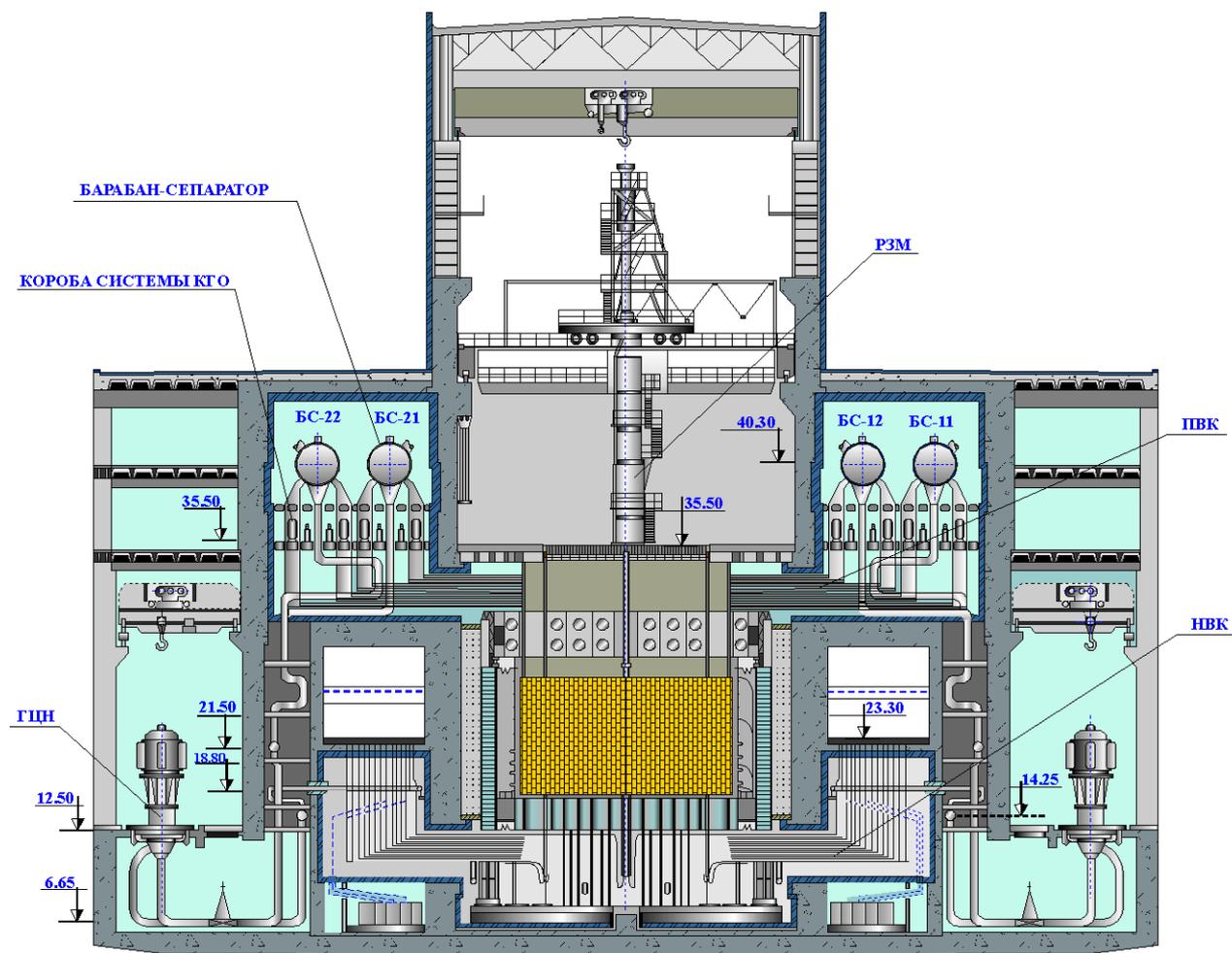


Рисунок 1-1 Разрез РБМК-1000

Реактор РБМК-1000 имеет две петли многократной принудительной циркуляции, расположенные симметрично относительно осевой плоскости реактора. Каждая петля включает два барабана-сепаратора и четыре циркуляционных насоса (ЦВН-8), прокачивающих воду через технологические каналы, в которых она нагревается.

Итак, на выходе из ТК получаем пароводяную смесь, которая движется с большой скоростью, причем движение турбулентно, т.е. среда во время движения перемешивается. Задачу получения сухого пара из такой смеси придется решать в два приема: сначала отделить влажный пар от воды, а затем осушить его. Для первой части достаточно остановить и ускорить поток; тогда пузырьки пара сами всплывут и выйдут из воды. Осушка же требует установки на пути движения пара преграды, заставляющей его изменить направление движения. Тяжелые частицы воды по инерции попадут в препятствие и осядут на нем. В качестве такой преграды могут быть использованы либо наклонные жалюзи, либо дырчатый лист.

Для сепарации пароводяной смеси, выходящей из ТК, применяются барабаны-сепараторы (БС). На каждый приходится в среднем по 415 ТК.

Барабаны одной половины соединены между собой двумя перемычками по нижним образующим, т.е. по воде и пятью – по верхним образующим, т.е. по пару. Кроме того, паропроводы, по которым пар поступает от всех четырех БС к турбинам (таких паропроводов четыре), также соединены перемычками. Таким образом, паровые пространства БС обеих петель сообщаются, водяные - разделены.

Итак, пар, отобранный из барабанов-сепараторов, отдал свою энергию в турбине и превратился в конденсаторах в воду с температурой около 30°C. Очевидно, что эту воду нужно вернуть обратно в КМПЦ и замкнуть цикл.

Следует учитывать три обстоятельства:

1. Разница температур воды в КМПЦ и конденсата составляет 250°C.
2. Вода, которую мы получили в конденсаторах, проделала по трубопроводам длинный путь, в ней наверняка появились примеси и продукты коррозии.
3. На своем пути вода контактировала с воздухом и насытилась кислородом.

Первое обстоятельство не позволяет подавать воду в КМПЦ из-за того, что в месте смешения возникнут гидроудары и огромные температурные напряжения. Второе – потому, что к чистоте воды КМПЦ предъявляются повышенные требования (соли осядут на ТВЭЛах, продукты коррозии активируются и вызовут большую наведенную радиоактивность теплоносителя). Третье – из-за неблагоприятного влияния кислорода на металл.

Эти проблемы решаются в конденсато-питательном тракте турбинной установки. Питательная вода из деаэраторов подается в коллекторы питательной воды барабанов-сепараторов питательными насосами.

КМПЦ – КОНТУР МНОГОКРАТНОЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ – СИСТЕМА НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАЖНАЯ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ является одной из основных систем блока и предназначен для:

1. обеспечения непрерывной принудительной циркуляции теплоносителя через активную зону реактора с целью отвода тепла от ТВС и графитовой кладки реактора;
2. сепарации генерируемого в реакторе пара с последующей подачей его в турбинное отделение;
3. обеспечения необходимых условий разогрева и расхолаживания оборудования ЯППУ;
4. охлаждения активной зоны реактора в режимах планового и аварийного расхолаживания блока за счет принудительной или естественной циркуляции теплоносителя;
5. отвода остаточных тепловыделений активной зоны реактора в период длительной остановки блока.

1.2 Состав и технические характеристики КМПЦ

КМПЦ состоит из 2-х самостоятельных циркуляционных петель, каждая из которых осуществляет теплообмен с одной половины реактора и включает в себя:

а) технологическое оборудование;

Таблица 1-1

Наименование оборудования	Тип	Маркировка	Количество на 1 блок, шт	Предприятие изготовитель
Барaban-сепаратор	18.001.000000	МПЦ-БС11 12 МПЦ-БС21 22	4	СФРЮ
Главный циркуляционный насос	ЦВН-8 с электродвигателем ВДА 173/99-62АУА	ГЦН 11-14 ГЦН 21-24	8	А-7755
Фильтр механический	T6-75-000-00	ПВ-Ф11-21 ПВ-Ф12-22 ПВ-Ф13-23	6	п/я Р-6273
Фильтр механический	T6-74-000-00	ПВ-Ф1 ПВ-Ф2	2	п/я Р-6273
Смеситель	T2620000-1сб-00	ПВ-СМ11-21 ПВ-СМ12-22	4	СКБ ВТИ
Технологические каналы		ТК	1661	

b) арматуру;

Таблица 1-2

Наименование оборудования	Тип	Маркировка	Количество на блок шт.	Предприятие изготовитель
Главная запорная задвижка напор всас ГЦН	МА13044-06-800	H1.1111-H1.1141 H1.1211-H1.1241 H2.1211-H2.1241 H2.1111-H1.1141	16	Алексинский з-д "Тяжпромарматура"
Клапан дроссельный на напоре ГЦН	ПТ-96002-800-28	П1.3311-П1.3341	8	Пензтяжпромарматура"
Клапан обратный на напоре ГЦН	ПТ 44049-800		8	Пензтяжпромарматура"
Запорная задвижка на перемычке ВК-НК	МА13044-06-800	П1(2).3351	2	Алексинский з-д "Тяжпромарматура"
Клапан обратный на перемычке	ПТ 44049-800		2	Пензтяжпромарматура"
Запорная задвижка на РГК	002Б1-М		44	ФРГ
Клапан обратный на РГК	С-20401-0160		44	ЧССР
Задвижка запорная по питательной воде	895-400ЭБА	П1(2).1511,П1(2).151, П1(2).1311,П1(2).133, П1(2).1323,П1(2).133, П1(2).1321	14	Венюковский арматурный завод
Клапан регулирующий по питательной воде	934-25ОЭ(а)	П1(2).1312 П1(2).1322, П1(2).1332	6	Венюковский арматурный завод
Клапан обратный по питательной воде	904400А шк.1		6	Венюковский арматурный завод
Задвижка запорная на байпасе по питательной воде	С23204-400-150	П1.1111,П1.1121 П1.1213,П2.1111 П2.1121,П2.1213	6	ЧССР
Клапан регулирующий на байпасе по питательной воде	894-15ОЭ(а)	П1.1211,П1.1212 П2.1212,П2.1212	4	Венюковский арматурный завод
Клапан обратный на байпасе по питательной воде	С23307-4100-150		2	ЧССР
Вентили на линии продувки РГК	С23101-0100-65		44	ЧССР

с) трубопроводы:

Таблица 1-3

Наименование по ТУ		Материал	Обозначение	Кол-во	Примечание
Перемычки между сепараторами	по пару	перлитная сталь		10	
	по воде	нержавеющая сталь	ОХ18Н10Т	4	
Опускные трубопроводы		нержавеющая сталь	ОХ18Н10Т	48	
Всасывающий коллектор ГЦН		Крезелсо 330Е	плакировка igl 473 Nb	2	СФРЮ (Франция)
Всасывающие трубопроводы ГЦН		Крезелсо 330Е	плакировка igl 473 Nb	8	
Напорные трубопроводы ГЦН		Крезелсо 330Е	плакировка igl 473 Nb	8	
Напорный коллектор ГЦН		Крезелсо 330Е	плакировка igl 473 Nb	2	
Перемычки между всасывающим и напорным коллекторами ГЦН		Крезелсо 330Е	плакировка igl 473 Nb	2	
Раздаточные групповые коллекторы		нержавеющая сталь	ОХ18Н10Т	44	
Трубопроводы водяных коммуникаций		нержавеющая сталь	ОХ18Н10Т	1834	
Трубопроводы пароводяных коммуникаций		нержавеющая сталь	ОХ18Н10Т	1661	

1.2.1. Основные технические характеристики КМПЦ

Таблица 1-4

Объем контура МПЦ, м ³		1300
Объем воды в КМПЦ в номинальном режиме, м ³		650
G т/н через реактор в номинальном режиме, м ³ /ч		48000÷50000
Номинальное P во ВК ГЦН, кгс/см ²		72
Номинальное P во НК ГЦН, кгс/см ²		84
Т теплоносителя, С°	на входе в реактор	270
	на выходе из реактора,	284,5
Допустимая скорость изменения Т теплоносителя в контуре, не более С°		10
Разность Т между ребром сх."Е", "ОР" и ТК, не более С°		50
Среднее паросодержание на выходе из ТК, %		14,5
Аварийная скорость изменения Т теплоносителя в КМПЦ, не более С°/ч		30
Предельно допустимое кол-во циклов "разогрев-расхолаживание"		500

1.3 Назначение, устройство, размещение и работа оборудования КМПЦ.

1.3.1. Опускные трубопроводы

Предназначен для отвода отсепарированной воды контура, смешанной во встроенных смесителях БС с питательной водой, во всасывающий коллектор ГЦН. Предусмотрено 12 опускающих труб из каждого БС.

Диаметр, мм	325x16
Средняя длина трубопроводов, м	60,8
"V" суммарный, м ³	99,7
"P" расчетное, кгс/см ²	75

1.3.2. Всасывающий коллектор

Всасывающий коллектор ГЦН предназначен для равномерного распределения воды на всасы ГЦН и обеспечения бескавитационных условий работы ГЦН. 24 опускающих трубопровод каждой половины КМПЦ врезаются в свой ВК ГЦН $\varnothing 1026 \times 63$ мм. Внизу во ВК ГЦН врезано 4 всасывающих трубопровода ГЦН $\varnothing 828 \times 38$ мм. На торцах коллектора имеются откидные люки Ду400 для доступа внутрь.

На верхней образующей коллектора имеется 2 штуцера для контроля за температурой воды в коллекторе. С одного штуцера контроль за температурой выведен на БЩУ-0 через СЦК "СКАЛА", от другого штуцера контроль за температурой выведен на показывающий прибор БЩУ-0.

На боковой образующей коллектора имеется 2 штуцера $\varnothing 14 \times 2$ мм для контроля за давлением воды, контроль ведется с БЩУ-0 через СЦК "СКАЛА".

Диаметр, мм	1026x63
Длина ВК, мм	21200
"V" суммарный коллекторов, м ³	41,1
"P" рабочее, кгс/см ²	80
Шаг патрубков под стыковку	750
Расположен на отм.	+21,50 м.

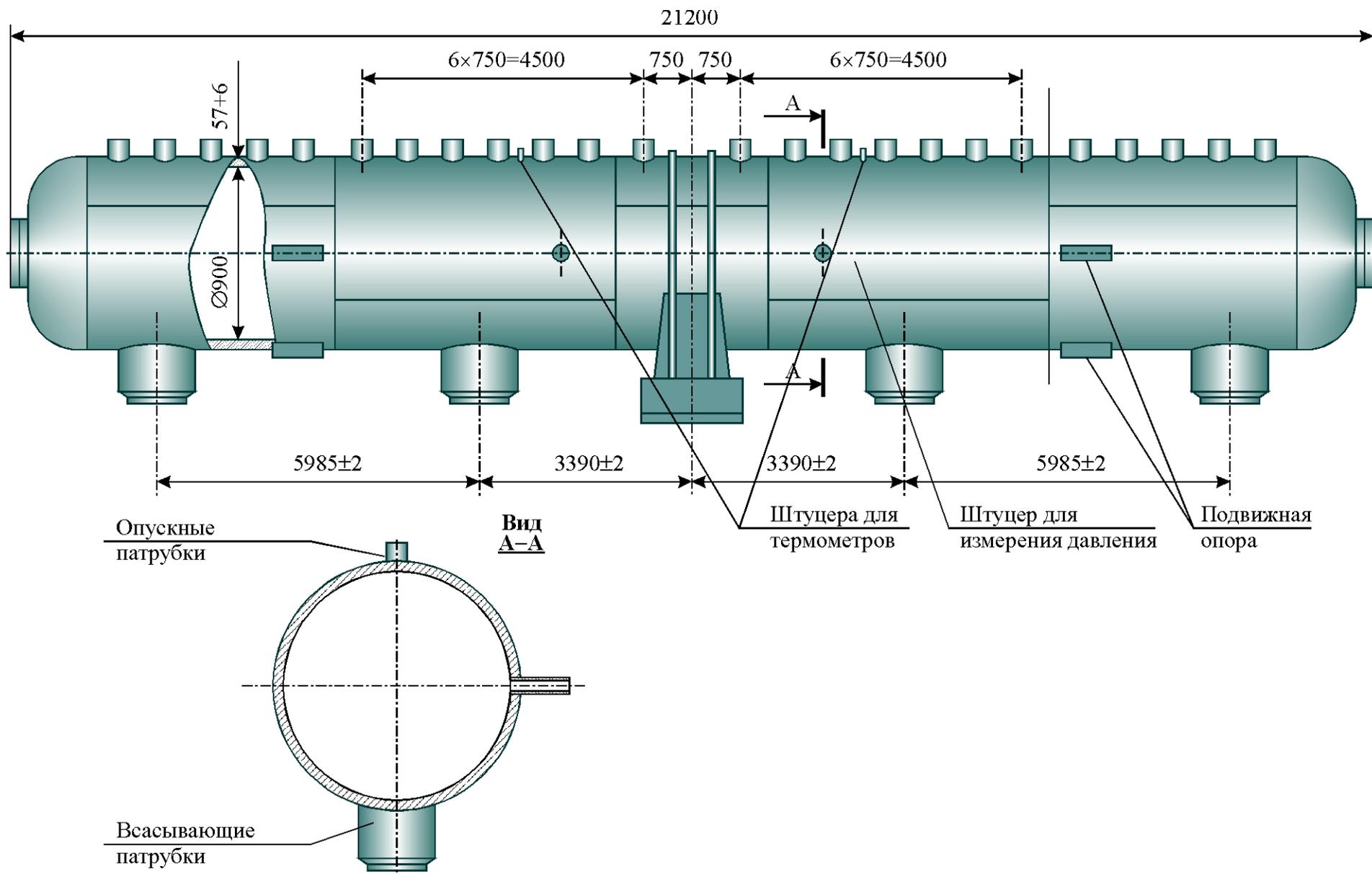


Рисунок 1-2 Всасывающий коллектор

1.3.3. Всасывающий трубопровод

От каждого всасывающего коллектора отходят 4 всасывающих трубопровода $\varnothing 828 \times 38$ мм к ГЦНам.

Диаметр, мм	828×38
"V" суммарный, м ³	51,6

На каждом всасывающем трубопроводе установлена запорная задвижка Ду800.

1.3.4. Задвижка запорная

Тип – клиновая, 2-х дисковая, с выдвигным шпинделем.

При работе ГЦН задвижка на всасе открыта, при ремонте ГЦН закрыта.

На корпусе задвижки имеется штуцер для подвода и отвода расклинивающей воды. Расклинивающая вода подается на задвижку в период ремонта ГЦН при работающем блоке. При ремонте ГЦН в период ППР, простоя и останова блока расклинивающая вода не подается.

Управление задвижками осуществляется по месту пом.402/3,4 или с БЦУ-0. Состояние арматуры отражается на мнемосхеме БЦУ-0.

Дистанционные приводы задвижек установлены в залах двигателей ГЦН на отм.+12,50м. Между ГЦН и задвижкой на каждом всасывающем трубопроводе имеется патрубок $\varnothing 108 \times 7$ мм, через который осуществляется дренирование трубопроводов и ГЦН при ремонте. На каждом из всасывающих трубопроводов имеется патрубок $\varnothing 14 \times 2$ мм для контроля за давлением на всасе ГЦН с местного щита ГЦН.

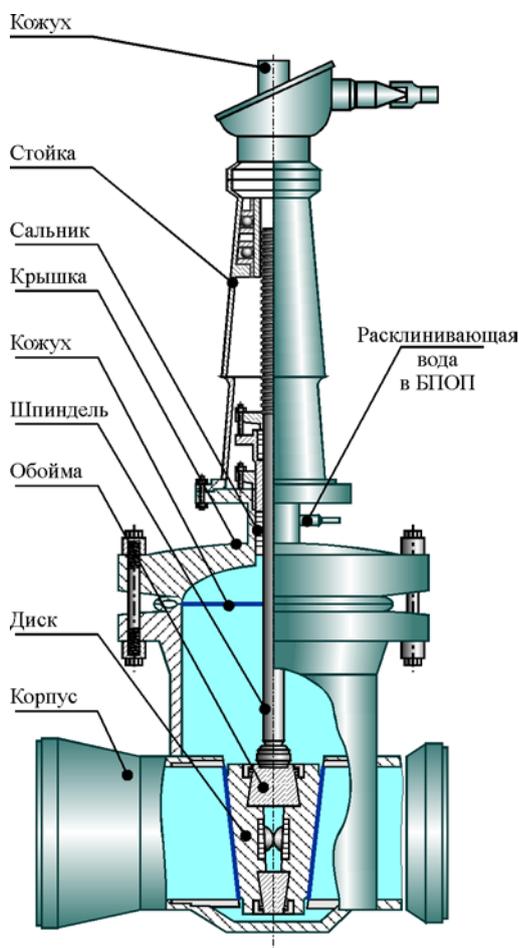


Рисунок 1-3 Задвижка запорная

1.3.5. Насос ЦВН-8.

В каждой из 2-х циркуляционных петель КМПЦ установлено по 4 ГЦН. Число работающих насосов в петле определяется уровнем мощности реактора:

- до 60% $N_{ном}$ в работе по 2 ГЦН;
- более 60% $N_{ном}$ в работе по 3 ГЦН, по одному ГЦН в резерве (ремонте).

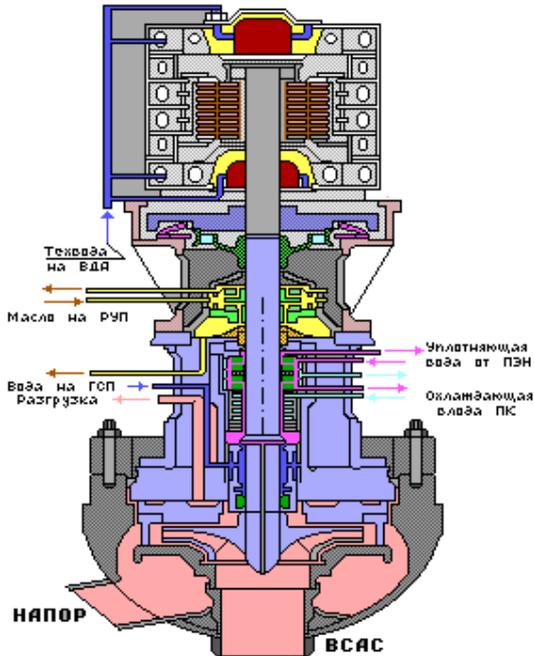


Рисунок 1-4 ЦВН-8

Насос ЦВН-8 предназначен для обеспечения многократной принудительной циркуляции теплоносителя в контуре МПЦ установок типа РБМ-К и изготовлен в соответствии с ТУ 95.5055-75.

Тип насоса – центробежный, вертикальный, одноступенчатый, с уплотнением вала, исключающим выход теплоносителя в обслуживаемое помещение.

Привод насоса – вертикальный, трехфазный, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа ВДА-173/99-6. Мощность двигателя 5500кВт. Направление вращения - по часовой стрелке, если смотреть со стороны всаса насоса.

Уплотнение главного разъема (место соединения выемной части и бака насоса) – самоуплотняющаяся медная прокладка трапециидального сечения.

Соединение трубопроводов основного циркуляционного контура с патрубками бака насоса сварное.

Соединение патрубков насоса с трубопроводами вспомогательных систем – разъемное фланцевое.

Уплотнение вала – двойное торцовое механическое (контактное) с подачей запирающей (чистой) воды с давлением, превышающем давление воды основного контура.

Верхний подшипник насоса комбинированный, упорно-направляющий:

- упорный подшипник скольжения, типа "Кингсбери";
- направляющий подшипник скольжения, втулочного типа.

Смазка подшипника - циркуляционная, маслом турбинным Т22.

Нижний направляющий подшипник – гидростатический, с питанием от напорного трубопровода насоса.

Срок работы насоса до первой ревизии – 20000 часов.

Основные технические данные насоса ЦВН-8 в номинальном режиме: приведены в таблице 1.

Таблица 1-5

Наименование параметра	Величина	Примечание
Подача, м ³ /ч	8000±200	Переходные режимы 6000÷10500
Температура воды на всасывании, °С	270	
Напор, м.в.ст.	200+20	
Абсолютное давление на всасывании, кгс/см ²	72	
Минимально-допустимый подпор на всасывании сверх упругости паров перекачиваемой жидкости, м.вод.ст.	23	
Число оборотов (синхронное), об/мин	1000	
Время разгона ротора, сек	не более 16	
Время выбега ротора до полной остановки, мин	2÷5	
Вес насоса, кг	106000	
Мощность на валу, кВт	4300+300	

Для обеспечения работоспособности подвижных узлов насоса (упорно-направляющего подшипника, узла уплотнения вала, ГСП) предусмотрены вспомогательные системы:

- система питания уплотнения вала;
- система смазки;
- система питания ГСП;
- система разгрузки от осевых сил.

Система питания уплотнения вала.

Давление уплотняющей (запирающей) воды, кгс/см ²	80÷100	
Расход уплотняющей воды, л/ч	не более 50	
Внешние протечки (через атмосферную ступень), л/ч	не более 25	
Температура уплотняющей воды, °С	на входе в уплотнение	не более 50
	в уплотнении	не более 65
Перепад давления охлаждающей воды в холодильнике уплотнения при расходе 8м ³ /ч, кгс/см ²	не более 2	
Давление избыточное охлаждающей воды в холодильнике уплотнения, кгс/см ²	не более 10	
Расход охлаждающей воды через холодильник уплотнения, м ³ /ч	8+1	
Температура охлаждающей воды, °С	на входе в холодильник	не более 40
	на выходе из холодильника	не более 60

Масляная система

Расход масла через упорно-направляющий подшипник, м ³ /ч	8±0,3
Давление (избыточное) масла на входе в подшипник, кгс/см ²	1,5÷3,5
Температура масла на входе в подшипник, °С Допускается пуск ГЦН при T=30÷40°С	40÷50
Давление масла в гидродинамическом клине колодок упорного подшипника, кгс/см ²	не более 90

Система питания ГСП

Расход воды через ГСП, м ³ /ч	40÷ 60
--	--------

Для увеличения выбега насоса при обесточении на валу электродвигателя установлен маховик. Маховый момент насосного агрегата – 15 тс×м².

1.3.6. Напорный трубопровод ГЦН.

Напорный трубопровод ГЦН Ø836×42мм с арматурой предназначен для подачи контурной воды в напорный коллектор.

"V" суммарный напорных трубопроводов, м ³	84,8
Нижняя отметка геометрической оси трубопровода насоса	+6,65м.

На каждом трубопроводе последовательно установлена следующая арматура:

- а) обратный клапан;
- б) дроссельно-регулирующий клапан;
- с) задвижка запорная.

1.3.7. Обратный клапан

Обратный клапан поворотный, с концами под приварку, предназначен для автоматического перекрытия трубопровода с целью предотвращения обратного потока среды. Состоит из основных узлов и деталей:

- корпус, через который при открытом затворе осуществляется поток рабочей среды. Уплотнение в корпусе – конусное;
- узел затвора, диска, поворачивающегося на осях;
- крышки;
- втулки;
- противовес;
- упор.

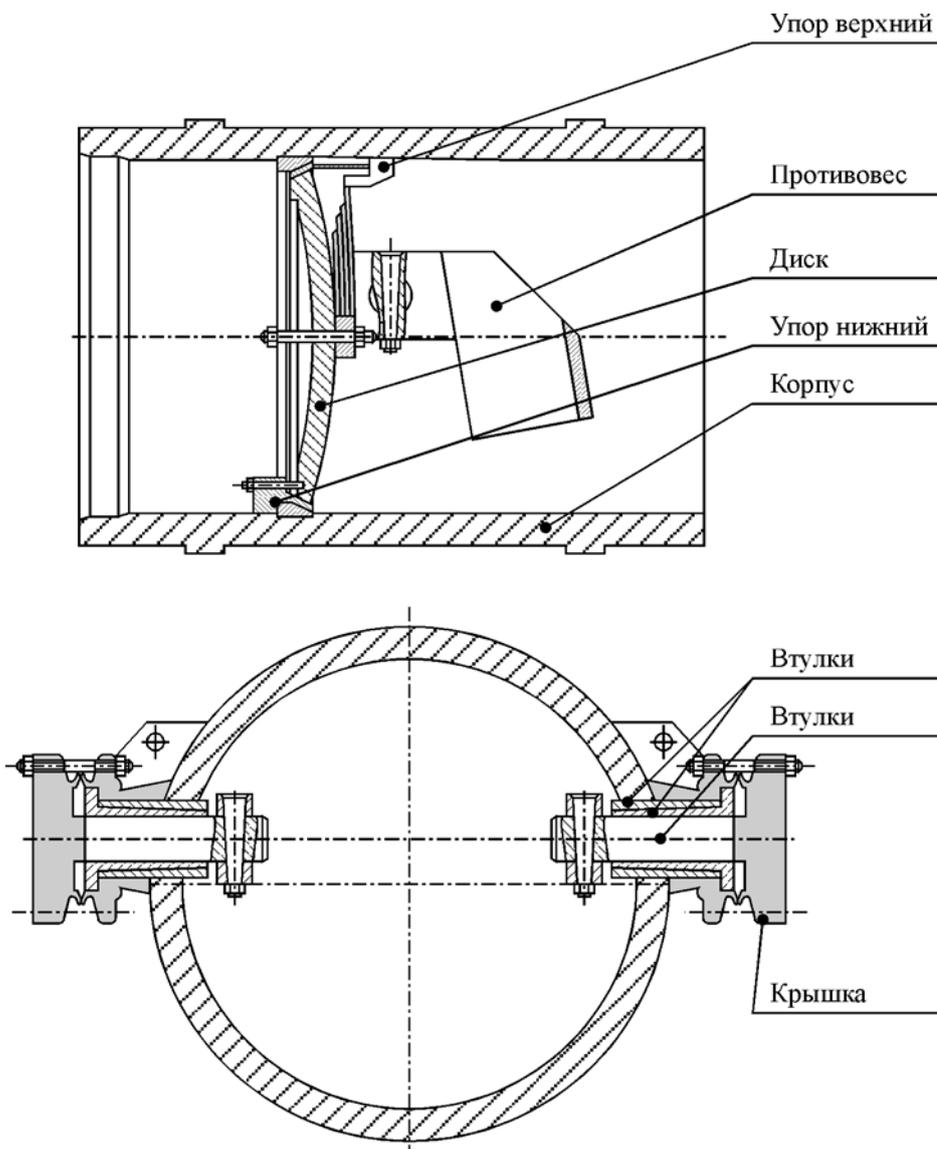


Рисунок 1-5 Клапан обратный

Принцип работы: При подаче среды под диск, диск поворачивается на угол до 85° и происходит открытие клапанов. В диске имеется отверстие $\text{Ø}10\text{мм}$ для исключения увеличения перепада давления на диске более 25кгс/см^2 .

1.3.8. Дроссельно-регулирующий клапан

Дроссельно-регулирующий клапан с концами под приварку предназначен для регулирования расхода ГЦН в период пуска или останова.

Ограничение производительности ГЦН обеспечивает бескавитационную работу насоса во время работы его с T° воды насыщения при номинальном уровне воды в сепараторе.

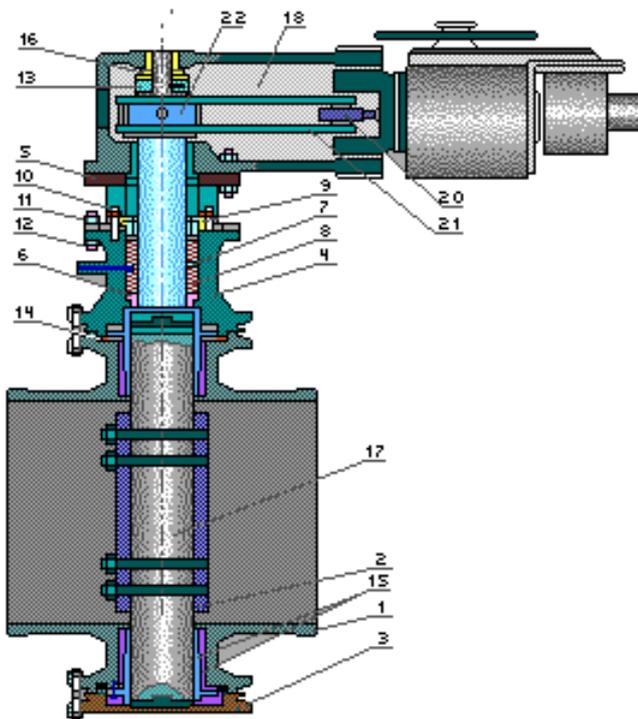


Рисунок 1-6 Дроссельно-регулирующий клапан

ДРК состоит из следующих основных деталей и узлов:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1) корпус; | 12)шпилька; |
| 2) узел затвора, диск; | 13)втулка установочная; |
| 3) крышка; | 14)прокладка; |
| 4) горловина с сальниковой камерой; | 15)втулка; |
| 5) стойки; | 16)подшипник; |
| 6) поднабивочная втулка, | 17)вал |
| 7) фонарь; | 18)редуктор винторычажный; |
| 8) набивка; | 19)тяга; |
| 9) втулка сальника; | 20)рычаг; |
| 10)фланец сальника; | 21)шток |
| 11)гайка; | |

Герметичность (по отношению к внешней среде) обеспечивается медной прокладкой с дополнительной обваркой уса в месте соединения корпус-крышка, корпус-горловина, а также сальником с трубкой отвода возможных протечек в систему оргпротечек.

Вращение от узла привода передается на резьбовую пару "втулка-тяга" винторычажного редуктора и преобразуется в поступательное движение тяги, которая шарнирно соединена с рычагом редуктора. Рычаг соединен со штоком, а шток через крестовину с валом, на котором крепится диск. При перемещении тяги рычаг поворачивается на угол 90° , поворачивая соответственно на 90° диск.

Р раб., кгс/см ²	92
Величина настройки муфты срабатывания, кгс×м	96
Время открытия.-закрытия., сек	35
Число оборотов до полного открытия	390

1.3.9. Задвижка запорная

Тип – клиновая, 2-х дисковая, с выдвигным шпинделем, такой же тип, как и у задвижки на всасе ГЦН (смотри Рисунок 1-3).

Управление задвижками осуществляется по месту пом.402/3,4 или с БЩУ-0. Состояние арматуры отражается на мнемосхеме БЩУ-0.

Дистанционные приводы задвижек установлены в залах двигателей ГЦН на отм.+12,50м.

Между ГЦН и ОК на каждом напорном трубопроводе имеется патрубок $\varnothing 108 \times 7$ мм, для подачи воды на ГСП, заполнения и дренирования и патрубок $\varnothing 14 \times 2$ мм для контроля за давлением на напоре ГЦН. Сигнал от датчика заведен в СЦК "СКАЛА".

Между НК ГЦН и запорной задвижкой на напорном трубопроводе установлено расходомерное устройство, представляющее собой дроссельную шайбу, на которой замеряется перепад давления. Через дифманометр сигнал выведен на БЩУ-0, в СЦК и на МЩ ГЦН.

1.3.10. Напорный коллектор.

НК ГЦН предназначен для равномерной раздачи контурной воды на РГК.

Т расчетная, °С	285
Р расчетное, кгс/см ²	87
Диаметр, мм	1046×73
Толщина плакировки, мм	4
Длина НК, мм	20412
Шаг расположения патрубков под РГК, мм	750
Диаметр патрубка под РГК, мм	325×16
Суммарный объем коллектора, м ³	32,4
Отметка. расположения геометрической оси	14,25 м.

В НК ГЦН врезаются :

- 4 патрубка Ду800 под стыковку с напорными трубопроводами 836×42мм;
- 22 патрубка Ду300 под стыковку с раздаточными трубопроводами $\varnothing 325 \times 15$ мм;
- 1 патрубок Ду800 под стыковку с перемычкой $\varnothing 836 \times 42$ мм между ВК и НК;
- 1 патрубок Ду150 под стыковку с трубопроводом $\varnothing 159 \times 9$ мм продувки воды из КМПЦ на байпасную очистку СВО-1;
- 1 патрубок Ду80 под стыковку с трубопровод. $\varnothing 89 \times 5$ мм подачи воды на ГСП ГЦН (на НК 2ГЦН-21-24);
- 1 штуцер под стыковку с импульсной линией $\varnothing 14 \times 2$ мм для контроля за давлением в коллекторе, с БЩУ-0 через СЦК СКАЛА.

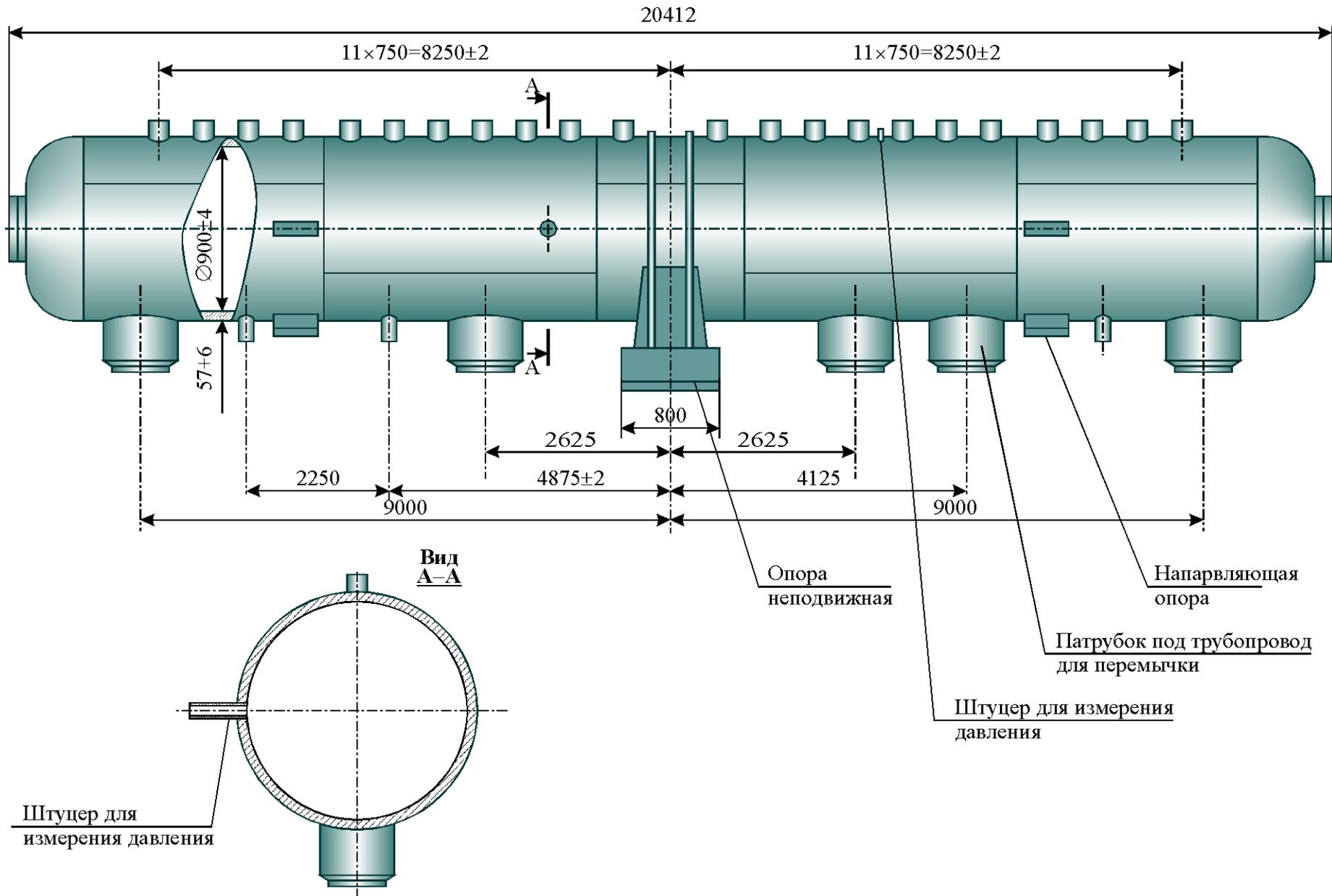


Рисунок 1-7 Напорный коллектор

В каждом из 22 патрубков для стыковки с раздаточным трубопроводом установлен ограничитель течи, предназначен для случая разрыва трубопровода, для ограничения расхода теплоносителя в месте разрыва. Ограничитель течи представляет собой сопло Лавала с Ду критического сечения 151,1мм.

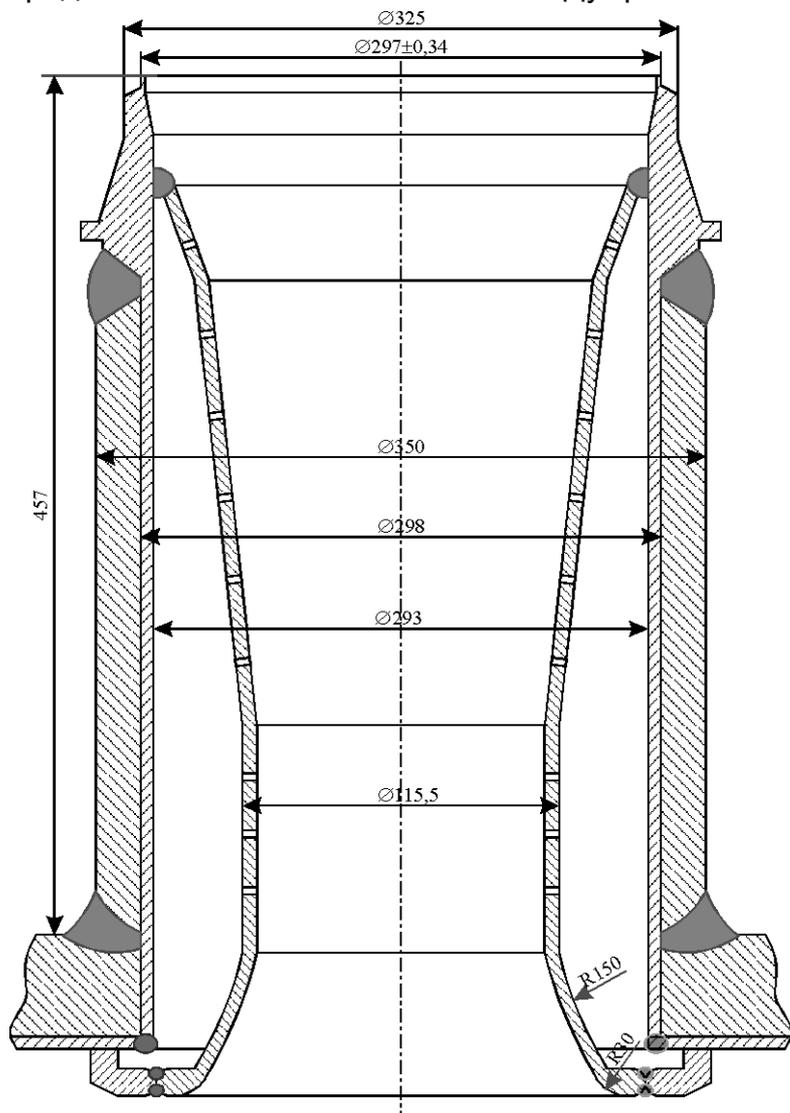


Рисунок 1-8 Ограничитель течи

4.9. Перемычка между ВК и НК.

Перемычка предназначена для обеспечения естественной циркуляции теплоносителя через активную зону реактора при аварийном останове всех ГЦН. На перемычке последовательно установлены запорная задвижка и обратный клапан Ду800мм.

При всех режимах работы блока запорная задвижка полностью открыта. При работе ГЦН обратный клапан, прижатый давлением воды из НК, закрыт и предотвращает рециркуляцию воды с напора ГЦН и попадание всаса ГЦН под давление напора. При остановке всех ГЦН обратный клапан открывается и КМПЦ переходит в режим естественной циркуляции. Останов ГЦН и переход на естественную циркуляцию разрешается при снижении температуры контура до 100°C.

В режиме аварийной разгрузки блока и аварийного расхолаживания реактора должна быть обеспечена скорость снижения "Р" не более 0,5ати/мин во избежание срыва естественной циркуляции из-за запаривания трубопроводов циркуляции.

1.3.11. Раздаточный трубопровод Ду 300мм.

От каждого напорного коллектора отходят 22 раздаточных трубопровода, на каждом из которых установлены запорная задвижка и обратный клапан. Между запорной задвижкой и обратным клапаном имеется штуцер для подсоединения трубопровода для удаления воздуха. Из шахты опускных трубопроводов раздаточные трубопроводы проходят в помещениях НВК через горизонтальные герметичные проходки Ду300мм, предназначенные для изолирования помещений с разным расчетным давлением (для помещений НВК – 0,8кгс/см², для шахты опускных трубопроводов – 4,5кгс/см²). В связи с высокой температурой в помещениях РГК и НВК (270°С) проходки охлаждаются водой от системы СОС с расходом 200л/ч на одну гильзу.

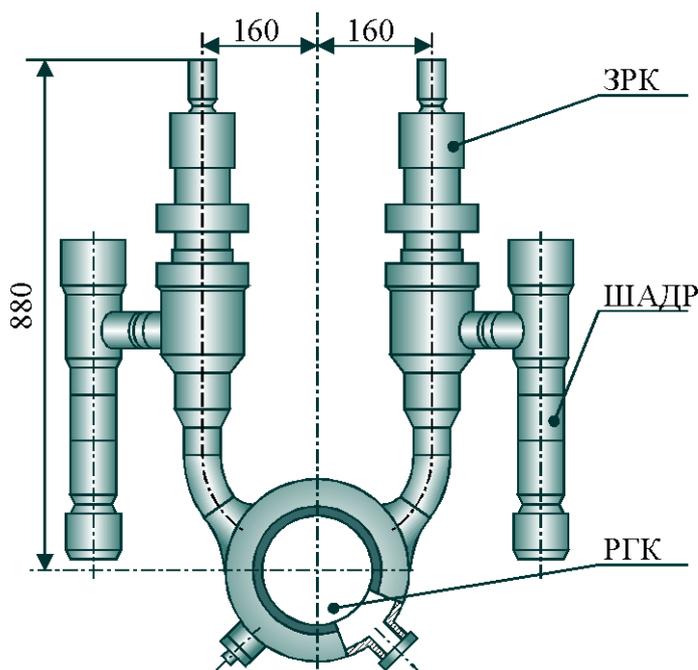


Рисунок 1-9 РГК в сборе

1.3.12. Раздаточный групповой коллектор.

РГК предназначен для подачи воды из НК ГЦН в нижние водяные коммуникации. РГК одним концом привариваются к ОК Ду300мм, другим опирается на шариковую опору, обеспечивающую перемещение коллектора от "Т" расширений при переходных режимах.

Диаметр, мм	325x16
Длина, мм	5400
G воды через коллектор., т/ч	до 1700
V суммарный РГК по одной половине, м ³	16,5
Шаг расположения патрубков для стыковки с ЗРК, мм	300
Расположение патрубков на отметке	+18,8 м

Коллектор в сборе выполнен в виде трубы с выбортованными штуцерами, к которым через крутоизогнутые патрубки привариваются ЗРК с корпусами ШАДР-32м. К патрубку на корпусе расходомера приваривается трубопровод НВК. На каждом РГК имеется:

- 43 патрубка под ЗРК;
- 3 патрубка под стыковку с трубопроводами $\varnothing 76 \times 4,5$ мм, соединяющие РГК с коллектором САОР.

На трубопроводах $\varnothing 76 \times 4,5$ мм установлены обратные клапаны, для предотвращения протока контурной воды в САОР. При аварийном разрыве трубопровода КПМЦ, вода системы САОР подается в РГК.

Из туликовой зоны РГК предусмотрена линия продувки, для удаления из контура отложений продуктов коррозии и улучшения радиационной обстановки в помещениях НВК.

Продувка осуществляется по трубопроводам $\varnothing 76 \times 4,5$ каждого РГК с последующим объединением в коллектор $\varnothing 159 \times 9$ мм, который врезается в трубопровод $\varnothing 325 \times 16$ мм отбора воды из БС в СПиР. На линиях отбора установлены постоянно закрытые вентили Ду65. Открывать их разрешается на расхоленном реакторе при $T_{\text{КМПЦ}} = 50^\circ\text{C}$.

1.3.13. Запорно-регулирующий клапан

ЗРК, его привод и указатель положения составляют устройство, предназначен для дистанционного регулирования и ориентировочного контроля расхода воды через ТК на всех режимах работы реактора, а также для отключения ТК от РГК при ремонте канала, труб водяных коммуникаций или при замене датчика расхода теплоносителя ШАДР. ЗРК устанавливаются на входе в каждый ТК и состоит из:

- клапана;
- указателя;
- привода.

КЛАПАН регулирующий устанавливается в пом. 404/3,4 НВК на РГК. С помощью привода клапан соединяется с указателем расположенные на блочном перекрытии +22,3 м в пом. 617/3,4.

КЛАПАН состоит из 3-х основных частей: – корпуса, дросселя и фонаря в сборе.

ДРОССЕЛЬ имеет внутреннюю подвижную часть – шпindelь, состоящую из наконечника, вала и втулки, и наружную неподвижную, в состав которой входят – седло, втулка и кольцо.

СИЛЬФОНЫ, соединяющие обе части, герметизируют внутреннюю полость дросселя.

ФОНАРЬ в сборе состоит из собственного фонаря и установленного в нем на подшипниках качения хвостовика.

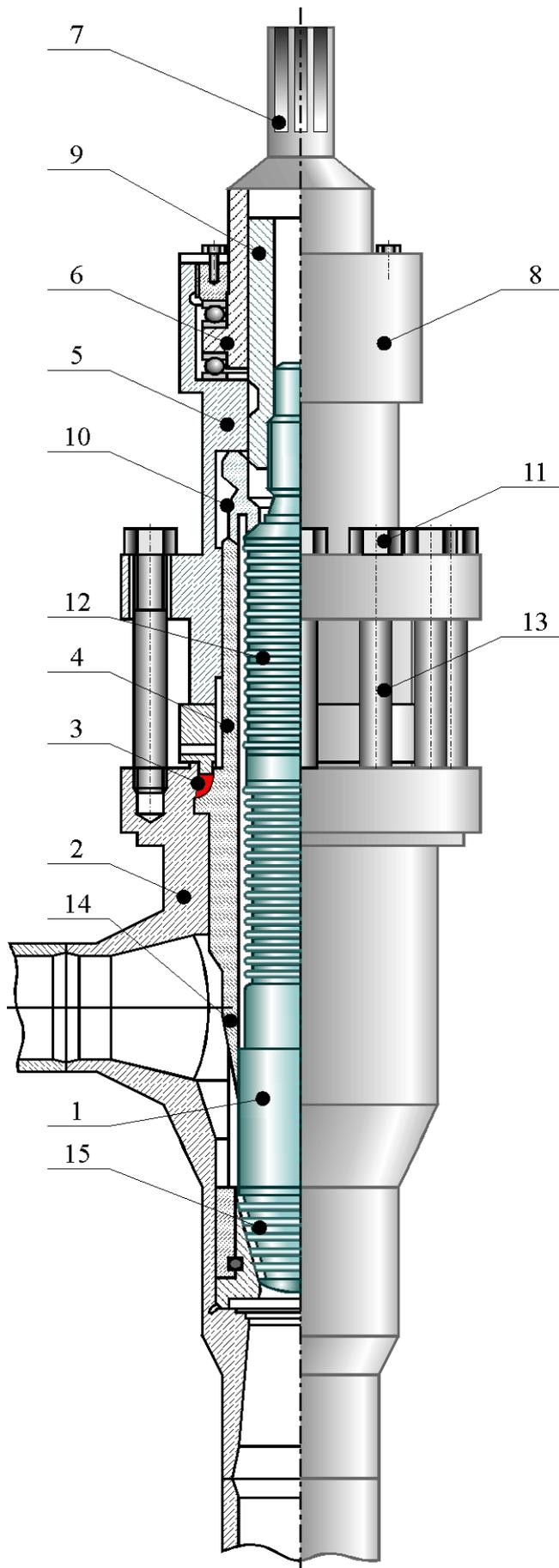
Дроссель закрепляется в корпусе с помощью фонаря, шпилек АМ16 и гаек М16.

Зазоры между дросселем и корпусом уплотняются острокромковой юбкой седла и клиновой медной прокладкой.

СЕДЛО и НАКОНЕЧНИК дросселя выполнены из ст.ХН35ВТЮ, ВТУЛКА из бронзы ВБр3, ПРОКЛАДКИ из меди М1.

Каждый УКАЗАТЕЛЬ положения ЗРК защищен откидной крышкой, являющейся элементом настила. На крышку наносится маркировка соответствующего канала в системе кодирования.

ВИНТ указателя крепится в корпусе с помощью КРЫШКИ И ФЛАНЦА.



1. Дроссель
2. Корпус
3. Клиновая медная прокладка
4. Втулка неподвижная
5. Фонарь в сборе
6. Фонарь
7. Хвостовик
8. Вал
9. Втулка подвижная
10. Кольцо
11. Гайка М10
12. Сильфон
13. Шпилька
14. Седло
15. Наконечник

Рисунок 1-10 Запорно-регулирующий клапан

В верхней части винта имеется головка под ключ. К винту с помощью хомутового соединения крепится ЛИМБ. Один оборот лимба – 6мм хода дросселя ЗРК. Деление – 0,2мм.

На нижней поверхности лимба имеется спиральный ручей, который находится в зацеплении с пазом толкателя. Толкатель перемещается рядом с неподвижным пластиком, на котором нанесены 4 деления, и служит для указания полных оборотов лимба. Таким образом, полный ход ЗРК составляет 24мм. Указатель имеет стопорное устройство, состоящее из гайки с левой резьбой и планки, исключающее случайное закрытие ЗРК. Для этого при определенном положении ЗРК гайка закручивается до упора в лимб, и устанавливается стопорная планка, соединяющая гайку с элементом неподвижного настила. Далее ЗРК открывается до необходимой величины. ПРИВОД представляет собой систему валов, соединенных шарнирными муфтами. Буртом втулки через подшипник привод опирается на бетонное перекрытие. Вал соединен с втулкой и вилкой на шлицах и стопорится прижимными кольцами. Бронзовая втулка является направляющей для вала.

Соединение привода с указателем и клапаном – шлицевое.

Подвижные соединения: вилка-клапан, вилка-вал вместе с шарнирными соединениями дают возможность компенсировать погрешности относительного расположения клапана и указателя.

1.3.13.1. Работа ЗРК.

Вода из РГК поступает в полость "А" клапана, проходит через зазор между наконечником и седлом, через окна в седле и полость "Б" клапана и, далее через ШАДР-32м и трубу водяной коммуникации к ТК. Регулирование расхода воды осуществляется изменением зазора между наконечником и седлом клапана. Управление клапаном ручное, дистанционное. Момент, создаваемый ключом, через винт и передается на хвостовик клапана. С помощью резьбового соединения хвостовик-втулка и шлицевого втулка-фонарь вращательное движение преобразуется в поступательное движение шпинделя дросселя. Вращением хвостовика по часовой стрелке производится закрытие клапана, против – открытие. При вращении винта указателя с лимбом стопорная гайка перемещается в вертикальном направлении. При этом толкатель перемещается по горизонтальному пазу корпуса относительно неподвижного пластика. Таким образом, заданному перемещению дросселя будет соответствовать определенное деление на шкале пластика и лимба.

1.3.14. Шариковый расходомер "Шторм-32м"

Предназначен для измерения расхода воды в технологических каналах.

Рабочий диапазон измерения расходов, м ³ /ч	8÷50	
Температура теплоносителя, °С	2÷285	
Давление рабочее избыточное теплоносителя, кгс/см ²	100	
Перепад давления на расходомере при максимальном расходе, кгс/см ²	0,5	
Максимальное значение выходного сигнала ТИБР-32м, мв	50	
Технический ресурс комплекта расходомеров:	"Шторм"	25000 ч.
	"Тибр"	10000 ч.

Комплект 32-х канального расходомера "ШТОРМ-32м" состоит из 32-х первичных преобразователей ШАДР-32м, МИП 08905024 и измерительного блока ТИБР-32М.

ШАДР-32м представляет собой корпус из нержавеющей немагнитной стали 12Х18Н10Т, имеющий кольцевую камеру с помещенным в ней чувствительным элементом – шаром, замкнутую со стороны входа потока и открытую со стороны его выхода. Внутри корпуса, по ходу потока за кольцевой камерой установлена винтовая направляющая.

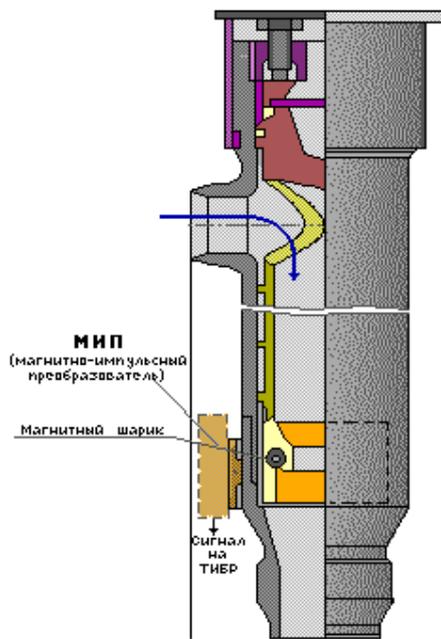


Рисунок 1-11 Шариковый расходомер "Шторм-32м"

На корпусе клапана в плоскости вращения шара расположен быстросъемный магнитоиндукционный преобразователь угловой скорости вращения шара в частотно-импульсный сигнал. МИП представляет собой пассивную индукционную катушку с сердечником из магнита, заключенную в корпус из немагнитной нержавеющей стали. Южный полюс магнита обращен к торцовой части своего корпуса, плоскость которого соприкасается с установочной площадкой на клапане. МИП имеет герметичное исполнение. Ввод кабеля линии связи осуществляется с помощью ниппельного соединения. Со стороны платы — преобразователь закрывается резьбовой крышкой с уплотнительной прокладкой из нержавеющей стали. Электрический сигнал, вырабатываемый МИПом, имеет уровень, необходимый для устойчивой работы ТИБР-32м.

ТИБР-32м представляет собой шкаф, укомплектованный 32-мя ТИБР-М и 1 блоком контроля. Принцип работы ТИБР-М основан на преобразовании частоты импульсных сигналов в напряжение постоянного тока с помощью конденсаторного дозирующего устройства.

Принцип работы шарикового расходомера "Шторм-32М" состоит в том, что поток измеряемой среды при натекании на неподвижную направляющую приобретает вихревое движение. При этом в кольцеобразной камере за счет сил вязкостного трения образуется обратное вихревое движение в направлении, противоположном движению жидкости в преобразователе и в конечном итоге во всем объеме кольцевой камеры устанавливается устойчивое вращение жидкости. Шар, помещенный в кольцевую камеру, приводится во вращение объемом жидкости, находящейся в кольцевой камере. Жидкость вращается без осевого перемещения. Частота вращения шара пропорциональна скорости измеряемого потока - объемному расходу. Угловая скорость вращения шара при помощи МИП преобразуется в электрический сигнал частота которого пропорциональна объемному расходу, а частотно-импульсный сигнал с МИПов по линиям связи поступает на вход ТИБР-32м, преобразующего этот сигнал в постоянное напряжение, изменяющееся пропорционально измеряемому расходу.

1.3.15. Трубопроводы НВК

Трубопроводы НВК реактора состоят из труб $\varnothing 57 \times 3,5$ мм, калачей (крутоизогнутых колен), образованных из труб $\varnothing 60 \times 5,5$ мм, прямых участков и участков с гибами в вертикальной и горизонтальной плоскостях и предназначен для подвода воды из РГК на вход в ТК. Развод труб НВК от каждого коллектора (кроме периферийных) производится пучками по рядам каналов. Каждый коллектор соединен с каналами двух полурядов, периферийные коллекторы соединены с каналами 4-х полурядов. Труба НВК приваривается с одной стороны к патрубку на корпусе расходомера, с другой стороны к ТК. В конструкции реактора заложено 1661 штатных трубопроводов НВК.

Средняя длина трубопровода НВК, м	26,9
Суммарный V НВК, м ³	50,8

1.3.16. Технологический канал

ТК предназначен для постановки ТВС и организации потока теплоносителя через реактор для снятия тепла с ТВС и графита реактора.

ТК представляет собой сварную трубную конструкцию, состоящую из корпуса канала с надетыми на него графитовыми втулками и кольцами.

Корпус канала состоит из 3-х частей:

- верхней трубы;
- средней (центральной) трубы;
- нижней трубы.

Все элементы верхней и нижней частей корпуса канала выполнены из ст.0X18H10T. Центральная труба изготовлена из циркониевого сплава 125 (Zr + 2,5% Nb). Выбор Zr-сплава обусловлен тем, что при относительно малом сечении поглощения тепловых нейтронов, этот сплав имеет при повышенной температуре удовлетворительные механические свойства и имеет высокую коррозионную стойкость за счет образования защитных окисных пленок.

Для теплоотвода от графитовой кладки к ТК на центральную часть корпуса канала на длине 5360 мм в пределах активной зоны одеты 272 разрезных графитовых кольца высотой 20 мм двух типов, которые устанавливаются поочередно: - одно кольцо одевается с натягом по трубе канала, другое с натягом в отверстие графитового блока.

Корпус ТК устанавливается в трактах канала. Тракты канала предназначены для надежного крепления ТК к МК реактора, для герметизации внутренней полости реактора и для направления канала при его установке.

Верхняя часть тракта состоит из трубы и стояка, соединяющего эту трубу с нижним блоком плитного настила. К стояку приварен патрубок ПВК. Труба приварена герметичным швом к верхней и нижней плитам МК схемы "Е". К нижней плите МК схемы "Е" и трубе приваривается манжета для дополнительной герметизации реакторного пространства по гелию.

Средняя часть тракта представляет собой отверстие внутри графитовой кладки.

Нижняя часть тракта состоит из трубы, привариваемой герметичным швом к верхней и нижней плитам МК схемы "ОР" и сильфонного компенсатора.

К верхней плите МК схемы "ОР" и трубе приваривается манжета для дополнительной герметичности РП аналогично верхнему тракту. В верхней части труба сопрягается с опорным стаканом защитной опорной трубы.

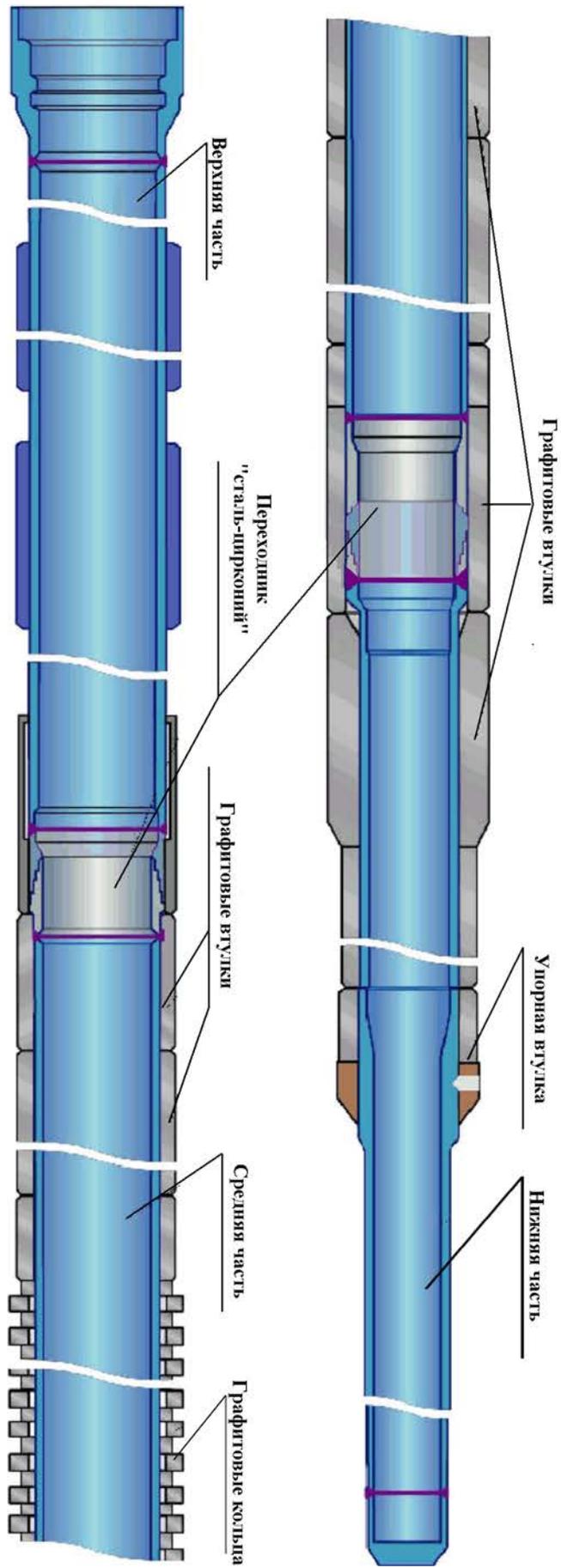


Рисунок 1-12 Технологический канал

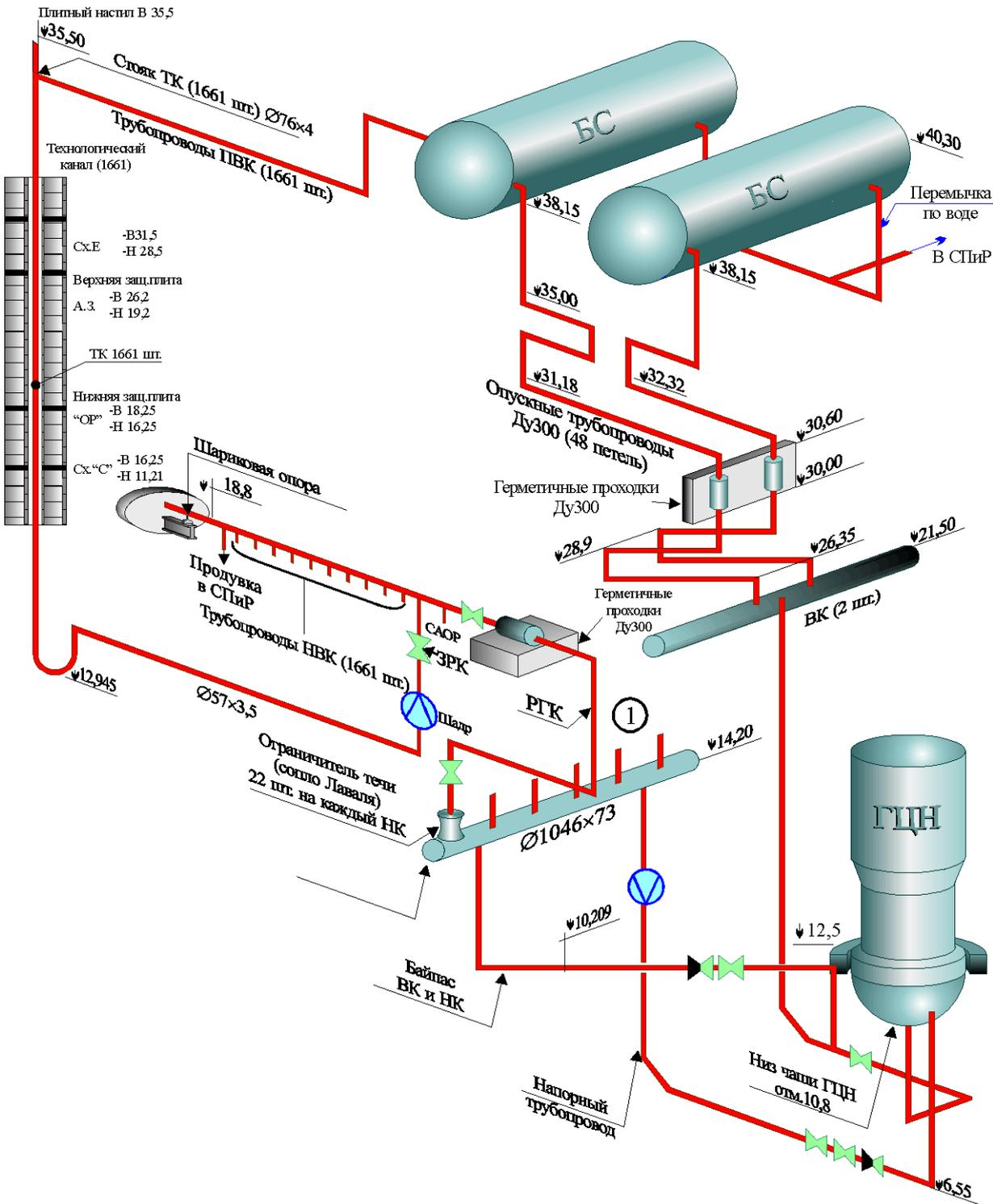


Рисунок 1-13 Петля КМПЦ

1.3.17. Трубопроводы ПВК.

Пароводяные коммуникации служат для отвода пароводяной смеси, образующейся в ТК, в БС по индивидуальным трубопроводам. Патрубок ПВК приваривается к верхней части тракта ТК (к стояку), а от патрубка идет трубопровод ПВК, состоящий из прямых участков и участков с гибом в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Развод труб ПВК от каждого ТК производится пучками по рядам каналов. Верхняя часть ПВК приваривается к патрубку под стыковку в корпусе БС.

Диаметр, мм	76x4
Средняя длина, м	32
Суммарный V труб, м ³	87,6
Расход, т/ч	до 40
Давление, кгс/см ²	до 75

1.3.18. Трубопроводы подачи питательной воды в БС.

Подпитка контура производится питательной водой в БС через узел питания. На блок предусмотрено 2 узла питания, по 1 на каждую петлю.

ПУ предназначен для подачи и регулирования расхода питательной воды и уровня в БС во всех режимах работы блока.

ПУ состоит из 3-х параллельных трубопроводов Ø425x24мм и 1-й байпасной нитки Ø159x9, объединенных перемычками на входе и выходе питательной воды. 2-е нитки Ду400 являются основными, 1 – резервной. Байпасная нитка является пусковой.

На каждой основной нитке ПУ последовательно установлены:

- запорная задвижка Ду400;
- обратный клапан Ду400;
- регулирующий клапан Ду250;
- регулирующий клапан Ду250;
- механический фильтр с датчиком контроля перепада давления питательной воды, для улавливания частиц размером более 0,1мм перед подачей воды в БС.

Емкость, м ³	0,63
Производительность, т/ч	1500
Соппротивление фильтра, мм.рт.ст.	450
Допустимый перепад давления, кгс/см ²	3

На байпасной линии ПУ последовательно установлены:

- фильтр механический с датчиком контроля перепада давления питательной воды, для улавливания частиц размером более 0,1мм перед подачей воды в БС;

Емкость, м ³	0,3
Производительность, т/ч	250
Соппротивление фильтра, мм.рт.ст.	230
Допустимый перепад давления, кгс/см ²	3

- расходомерная шайба, на которой дифманометр регистрирует перепад давления, сигнал с которого поступает на нормирующий преобразователь и далее на вторичный прибор КСУ-2-003 установленный на БЩУ-Н;
- 2 регулирующих клапана Ду 150

На 2-х входных перемычках между основными линиями и байпасной установлено по 1-й запорной задвижке Ду150, расчетное давление 100кгс/см².

Подвод питательной воды к ПУ осуществляется по 2-м трубопроводам $\varnothing 426 \times 24$. На каждом трубопроводе питательной воды к ПУ от ПЭН установлено последовательно по 2-е измерительные диафрагмы.

1-я по ходу среды шайба установлена на деаэрационной этажерке и используется в схеме регуляторов питания ПУ.

2-я по ходу среды шайба расположена в реакторном отделении и используется как датчик показывающих приборов и для формирования сигнала срабатывания АЗ-1 и АЗ-5. Из перемычки на выходе ПУ вода подается по 2-м трубопроводам Ду400 в БС. На этом участке установлены смесители, для приема в КМПЦ более горячей воды после байпасной очистки.

СМЕСИТЕЛЬ состоит из корпуса и закрепленного в нем устройства для подачи продувочной воды в середину потока питательной воды.

Максимальный расход питательной воды, т/ч	1400
Температура питательной воды, °С	30÷165
Расход продувочной воды, т/ч	50÷220
Температура продувочной воды, °С	30÷269
Максимальное давление в смесителе, кгс/см ²	75

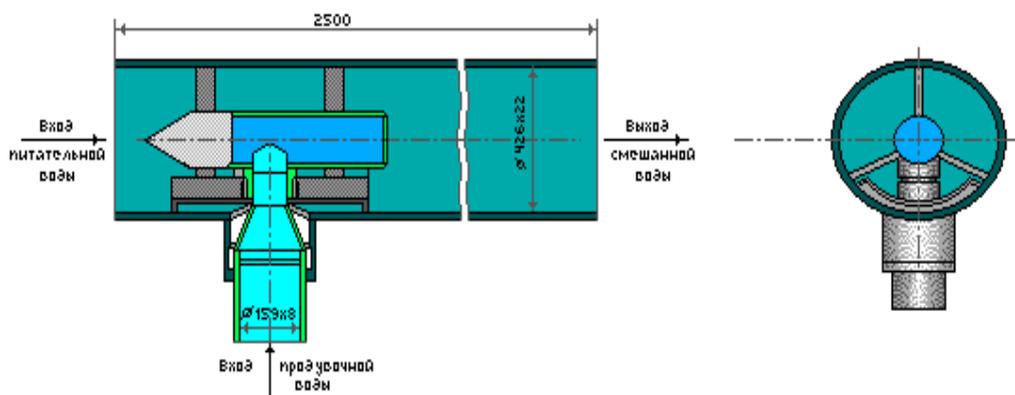


Рисунок 1-14 Смеситель питательного узла

Регулирование подачи питательной воды в каждую пару БС осуществляется при пуске блока сначала 2-мя пусковыми, последовательно включенными регулируемыми клапанами, а после их открытия, 2-мя основными регулируемыми клапанами, каждый из которых подсоединен параллельно пусковым клапанам. Регулирующие клапаны на основных линиях узла питания приводятся в действие основным регулятором уровня, общим для 2-х БС каждой петли. Клапаны на пусковой нитке работают от пускового регулятора. Те и другие регулирующие клапана поддерживают уровень в БС +50 мм от номинального.

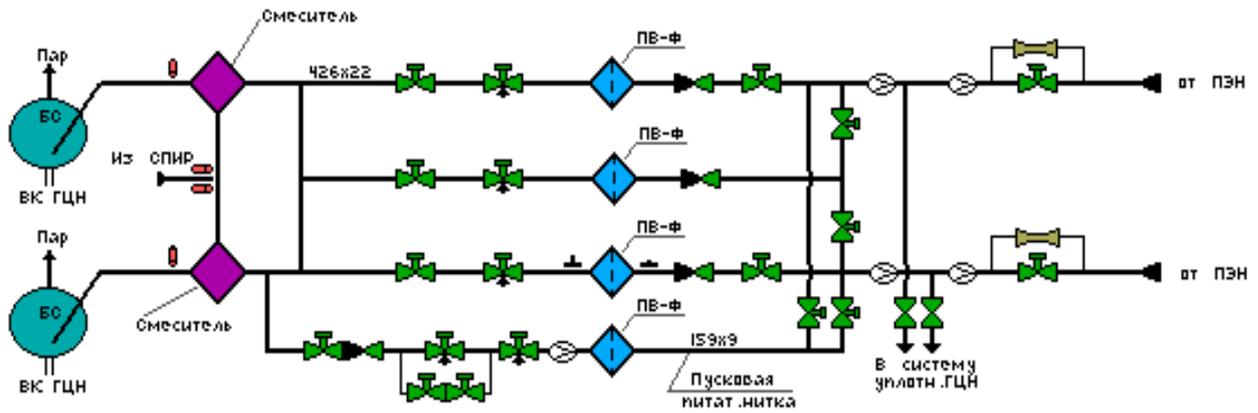


Рисунок 1-15 Питательный узел

К ПУ относятся также датчики уровня и расхода пара, дающие сигналы на основной и пусковой регуляторы уровня.

ПУСКОВЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ работают только по сигналу "уровня" в БС, который поступает на измерительный блок регулирующего прибора. В качестве обратной связи заводится сигнал положения регулирующего органа от датчика установленного на приводе.

ОСНОВНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ питания являются 3-х импульсными и получают следующие сигналы:

- **по расходу пара** Пар от каждой группы БС направляется на турбины по 2-м паропроводам, на каждом из которых установлены расходомерные устройства с датчиками типа ДМ. Полученный суммарный сигнал по расходу пара поступает на измерительный блок регулирующего прибора;
- **по расходу питательной воды** Сигнал по расходу поступает на регулирующий прибор от 2-х датчиков типа ДМ, расположенных на каждом из 2-х питательных трубопроводов;
- **по уровню в БС** (сигнал по уровню поступает от ДМ, уравнительные сосуды которых врезаны в средней части БС).

В процессе разогрева КМПЦ и подъема мощности реактора излишки воды сбрасываются через регуляторы узла сброса в БПОП, а подпитка БС осуществляется из деаэраторов через регулирующие клапана питательных узлов.

Управление регулирующими клапанами ПУ осуществляется в следующем порядке:

- основные регулирующие клапаны закрыты, пусковые клапаны находятся на дистанционном управлении. После открытия пусковых клапанов на 30%, их включают в автоматический режим работы. С помощью датчика регулятор выводится в режим поддержания уровня в БС 0 ± 50 мм;
- при открытии пусковых клапанов до 70%, они выводятся в диапазон регулирования дистанционным открытием 1-го из основных регулирующих клапанов;
- при открытии основного клапана до 30%, включают основной регулятор в автоматический режим работы. С помощью датчика регулятор выводится в режим поддержания уровня в БС 0 ± 50 мм;
- после постановки на автоматическое управление основных регуляторов питания БС, снимаются с автоматического управления пусковые регуляторы, оставаясь приоткрытыми на расход 50÷60 т/ч через каждый. После подъема мощности блока до 50% от номинального – пусковые регуляторы закрывают;

- при подпитке через основные регулирующие клапаны 1 из них на каждом ПУ находится на автоматическом управлении и периодически выводится в диапазон регулирования дистанционным открытием 2-го основного клапана. По одной основной нитке на каждом ПУ находится в резерве.

1.3.19. Паропроводы

От БС пар отводится по 4-м паропроводам Ду 600 к турбоагрегатам. К турбоагрегату пар подается по 2-м паропроводам (один от 2БС-11,12, другой от 2БС-21,22). На каждом паропроводе расположены ГПК типа 969 250/300-0-01, предназначен для сброса пара из главных паропроводов при повышении давления в них выше рабочего:

Наименование	Давление открытия	Давление закрытия
1 группа ЗДО.1211, 1212	75кгс/см ²	72кгс/см ²
2 группа ЗДО.1221, 1222, 1223, 1224	76кгс/см ²	73кгс/см ²
3 группа ЗДО.1231, 1232	77кгс/см ²	74кгс/см ²

Сброс пара производится по сбросным паропроводам Ø820х9 мм в ББ СЛА. Срабатывание ГПК происходит от импульсных клапанов.

На каждую пару главных паропроводов перед ГПЗ устанавливается по 2 БРУ-К, предназначенных для сброса 50% общего расхода пара на турбину (1450т/ч) в основные конденсаторы в аварийных режимах, при сбросах нагрузки, при пуске и останове блока. Пар сбрасывается по паропроводу Ø600мм через паро-сбросное устройство.

БРУ-К представляет собой запорно-дроссельный клапан и 2-х ступенчатое дроссельное устройство. 1-я ступень дроссельного устройства приваривается непосредственно с ЗДК и представляет собой шумоглушитель струйного типа, состоящий из диффузора и 2-х труб рециркуляции. 2-я ступень представляет собой решетку с отверстиями, вваренную в трубу, которая устанавливается ближе к конденсатору.

Паро-сбросное устройство (ПСУ) дроссельно-охлаждающего типа предназначен для приема пара с параметрами Р=8,2 ати и Т=187°С. Для охлаждения сбрасываемого пара перед ПСУ предусмотрен подвод конденсата к увлажнителю от напорной линии КН-П. Открытие вентиля на линии подачи конденсата осуществляется по импульсу при открытии БРУ-К. При вакууме в конденсаторе 600мм.рт.ст. и ниже клапана БРУ-К должны быть закрыты.

На общем коллекторе 4-х главных паропроводов установлены 2-е БРУ-ТК, для приема пара остаточного тепловыделения реактора и пара, образующегося при расхолаживании реактора, в случае загрузки БРУ-К. Пар сбрасывается через БРУ-ТК в паропроводы на технологические конденсаторы.

БРУ-ТК дросселируют острый пар до 12ати и 187°С, представляет собой запорно-дроссельный клапан, производительность одного БРУ-ТК составляет 100т/ч.

На 2-х паропроводах, подводящих пар к ТГ-3, установлены 4-е БРУ-Д, для подачи пара при разогреве и останове блока на деаэратор, испарители, бойлер №4 промконтур теплосети, бойлер промконтур парогенератора, испарительную установку СВО-4, основные эжекторы.

Пар с испарителей подается на пусковые эжекторы, эжекторы уплотнений и уплотнения ТГ.

Контрольные вопросы:

1. Назначение КМПЦ, классификация КМПЦ по ОПБ
2. На каких отметках расположено оборудование в КМПЦ
3. Объясните конструкцию ТК

ЗАНЯТИЕ 2 Конструкции и работа БС

Промежуточные учебные цели:

1. Объяснить назначение БС.
2. Объяснить конструкцию БС и назначение элементов конструкции.
3. Объяснить процессы, происходящие в БС.

2.1 Назначение барабана-сепаратора

БС является одним из основных элементов КМПЦ и предназначен для:

- сбора, сепарирования и окончательной сушки генерируемого в ТК пара;
- обеспечения бескавитационных условий работы ГЦН;
- смешения контурной и питательной воды;
- обеспечения охлаждения реактора при аварийном повреждении ТК и трубопроводов (в качестве аварийной емкости воды).

Запас воды, содержащийся в сепараторах, также используется на заполнение пароводяного тракта контура при резких снижениях мощности реактора (при отключении 1 или 2-х турбин), при обесточивании собственных нужд блока. Вследствие этого геометрические размеры сепараторов приняты больше, чем требуется для сепарации пара.

Основные характеристики БС.

Наименование	Единица	Величина
G питательной воды в один БС,	т/ч	1450
P насыщенного пара,	рабочее	69
	расчетное	69
P питательной воды на входе в БС,	кгс/см ²	71
Паросодержание водяной смеси на входе в БС,	%	14,5
Влажность пара на выходе из БС,	%	<0,1
T питательной воды	С°	165
T пароводяной смеси	С°	284,5
G контурной воды,	т/ч	8000
G пароводяной смеси,	т/ч	9450
Номинальный уровень от погружного дырчатого листа,	мм	+150
Перепад регулирования Н в БС от номинального значения, не более	мм	±50
Пред. допустимая скорость изменения T металла корпуса,	С°/ч	30
Пред. допустимая разность T между верхом и низом корпуса БС	С°	40
Пред. допустимая разность T между низом БС и питательной водой	С°	130
Геометрический объем БС,	м ³	159
Вес сухого сепаратора,	т	278
Вес сепаратора в рабочем состоянии	т	394

Минимальная толщина стенки корпуса по основному металлу	мм	110
Длина	мм	30984
Диаметр внутренний	мм	2600
Отметка расположения по оси	м	+40,30

2.2 Конструкция БС

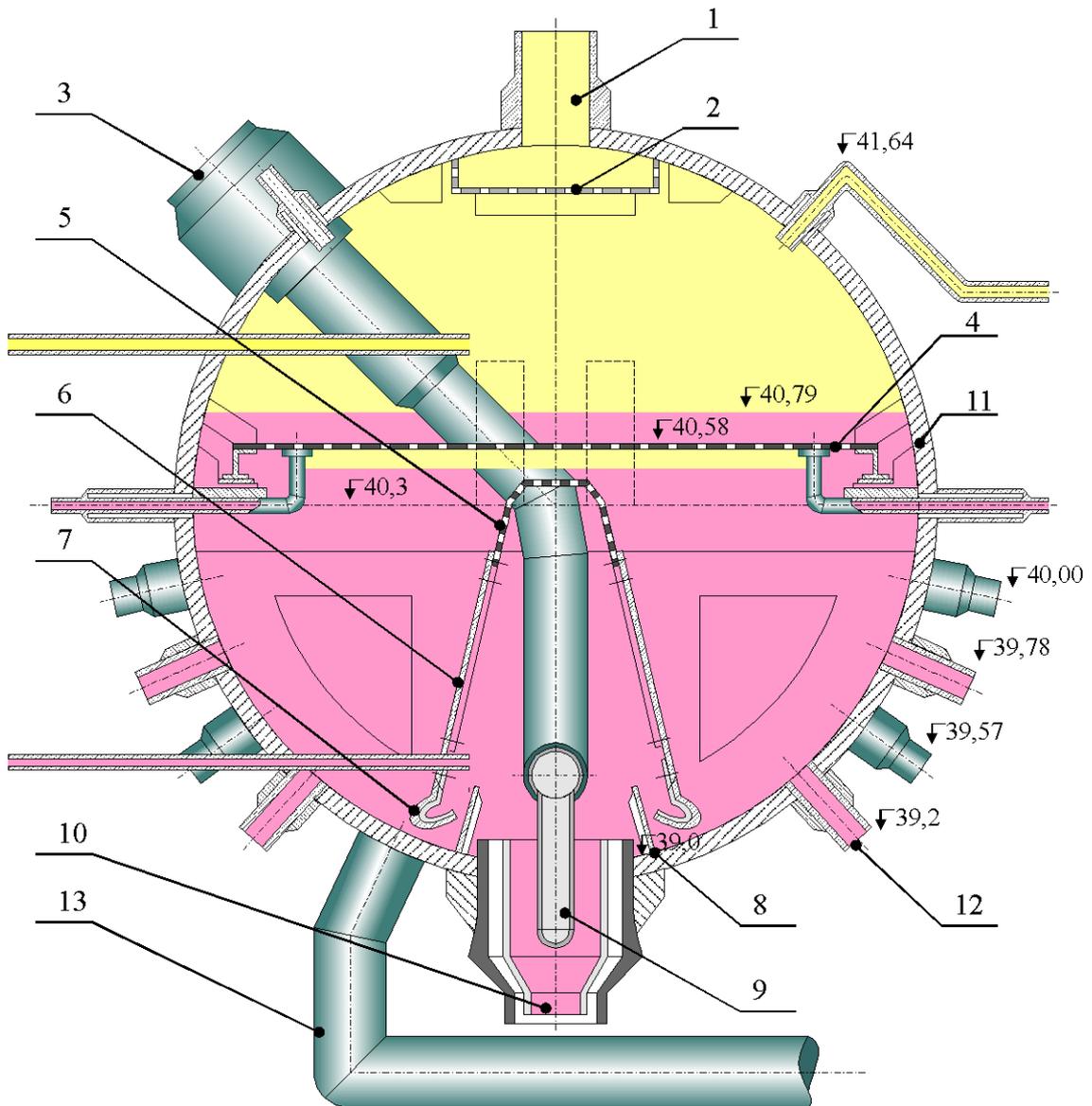


Рисунок 2-1 Поперечный разрез барабана-сепаратора

Барабан-сепаратор состоит из:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. патрубок выхода пара; | 9. смеситель; |
| 2. потолочный дырчатый лист; | 10. опускной трубопровод; |
| 3. патрубок входа питательной воды; | 11. цилиндрический корпус с эллиптическими днищами; |
| 4. погружной дырчатый лист; | 12. патрубки входа паро-водяной смеси; |
| 5. наклонный дырчатый лист; | 13. перемычка по воде |
| 6. отбойный щит; | |
| 7. диффузоры; | |
| 8. отбойные щитки; | |

Цилиндрический корпус с эллиптическими днищами выполняет роль корпуса БС, имеющим 2 лазовых отверстия Ду400 для осмотра внутреннего объема сепаратора с самоуплотняющимися крышками. Корпус и днища изготовлены из стали CREZELSO 330E. Внутренняя поверхность БС плакирована слоем стали ICL473Nb толщиной 4÷6мм. Корпус установлен на 5-ти опорах, из которых средняя опора – неподвижная в горизонтальной плоскости и направляющая в вертикальной, остальные 4-ре опоры – подвижные. Опоры выполнены из стали С1204Н11, а ролики из стали С4757.

Пароводяная смесь поступает в БС по 432 патрубкам $\varnothing 120 \times 10$ мм, которые размещены в нижней части корпуса в 4-ре ряда с каждой стороны.

На верхней образующей части корпуса БС расположены 19 патрубков под трубу $\varnothing 325 \times 19$ мм, из них :

- 5 патрубков для паровых перемычек между соседними БС одной петли,
- 14 других патрубков для отвода пара из БС:
- 7 патрубков для отвода пара в первый коллектор;
- 7 патрубков для отвода пара во второй коллектор.

Аналогично и для соседнего БС. А 2 коллектора разных БС в средней части объединяются в 1 общий паропровод для отвода пара к турбоагрегатам.

В средней части БС расположены 16 патрубков под трубопровод $\varnothing 326 \times 16$ мм:

- 2 патрубка для перемычек по воде между двумя БС, (2 заглушены);
- 12 патрубков, оборудованных смесительными устройствами для отвода сепарированной воды во всасывающий коллектор ГЦН.

Для присоединения КИПиА на каждом БС имеются:

- 4 штуцера под трубы $\varnothing 14 \times 2$ мм для измерения давления в БС. Контроль с БЦУ-0 (показания и запись) и с БЦУ-Н (показания);
- 24 штуцера под трубу $\varnothing 57 \times 4$ мм для измерения уровня в БС.

Для отбора проб на каждом БС предусмотрено:

- 3 штуцера под трубу $\varnothing 14 \times 2$ мм для отбора пробы по пару;
- 3 штуцера под трубу $\varnothing 14 \times 2$ мм для отбора проб по контурной воде;
- 1 патрубок под трубу $\varnothing 120 \times 10$ мм для отбора проб при испытаниях.

По расположению патрубков для подвода питательной воды и штуцеров КИП корпуса БС разделяются на 2 типа.

Если смотреть на БС в направлении блока В, то в правой сепараторной п.804/3 отм.30.90м – крайний правый БС – тип 1, крайний левый – тип 2.

Для контроля за состоянием металла в наиболее напряженных узлах корпуса БС предусмотрена установка тензодатчиков системы динамических измерений.

Для контроля температуры корпуса БС (верх-низ) установлено 6 термопар: 3 вверху и 3 внизу. Термопары расположены равномерно по всей длине БС.

НАПРАВЛЯЮЩИЙ КОРОБ с диффузорами предназначен для предотвращения сноса паровых пузырей в опускные трубы на всас ГЦН и для грубой сепарации пара. Представляет собой сочетание отбойного щита с перфорированным наклонным щитом. В нижней части короба установлены диффузоры.

ОТБОЙНЫЙ ЩИТ предназначен для гашения кинетической энергии пароводяной смеси, что приводит к грубой сепарации пара. Перфорированный наклонный щит предназначен для обеспечения более эффективного выравнивания поля скоростей в опускном участке и уменьшения сноса пара в межкоробовое пространство. Кроме этого, перфорированный наклонный щит способствует более равномерному распределению пароводяной смеси по площади погружного дырчатого щита. В перфорированном щите смонтированы 28 дыхательных труб $\varnothing 133\text{мм}$, расположенных в 2 ряда (по 14 шт.) вдоль оси БС и предназначен для предотвращения заброса воды в паровое пространство.

ДИФFUЗОРЫ предназначен для обеспечения слива из направляющих коробов во время переходных режимов работы блока, когда уровень может опуститься ниже кромки коробов. Кроме этого, за счет диффузоров исключается циркуляция воды из межкоробового объема внутрь коробов. В сочетании с отбойными щитами диффузоры позволяют уменьшать нерасходуемый запас воды в БС при его опорожнении.

ПОГРУЖНОЙ и ПОТОЛОЧНЫЙ дырчатые листы предназначены для выравнивания давления барботируемого пара на зеркало испарения и для выравнивания скорости пара в паровом объеме БС. Под погружным дырчатым щитом образуется паровая подушка, обеспечивающая равномерное распределение пара по всей длине БС. Высота паровой подушки увеличивается с возрастанием количества поступающего под щит пара при увеличении мощности реактора.

ОТБОЙНЫЕ ЩИТКИ предназначены для предотвращения образования за ними вихревых зон с горизонтальной осью вращения. Выполнены из стали ICL473Nb.

КОЛЛЕКТОР ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ предназначен для раздачи питательной воды в опускные трубопроводы, для поддержания номинального уровня в БС. Питательная вода подводится к БС в средней его части через патрубок питательной Ду500 мм. Далее поступает в раздаточный коллектор $\varnothing 530 \times 28\text{мм}$, расположенный вдоль геометрической оси БС и затем подается на вход в опускные трубы, где смешивается с водой, циркулирующей в КМПЦ. К коллектору соосно с опускными трубами присоединены 12 патрубков-смесителей питательной и контурной воды.

СМЕСИТЕЛИ БС предназначены для обеспечения равномерного и полного перемешивания контурной и питательной воды. На поверхности патрубка смесителя имеется 128 отверстий $\varnothing 5\text{мм}$., расположенных под углом к оси смесителей по направлению потока контурной воды. Смесители вставлены в опускные трубопроводы. Для предотвращения недопустимых термических напряжений в узле БС – патрубок опускного трубопровода, вызванных разницей температур стенок БС и питательной воды, в опускные патрубки вварены защитные "рубашки".

Для исключения закручивания потока контурной воды на входе в смеситель предусмотрены специальные продольные ребра.

2.3 Работа сепаратора

Пароводяная смесь с давлением 69кгс/см^2 и температурой $284,5^\circ\text{C}$ симметрично с 2-х сторон поступает в сепаратор по 432 патрубкам ПВК. Струя пароводяной смеси, ударяясь о направляющий короб, теряет свою кинетическую энергию, вследствие чего происходит грубая сепарация пара. Частично отсепарированная смесь воды и пара поступает под погружной лист, где продолжается разделение воды и пара.

Вода поступает через наклонный щит в межкоробовое водяное пространство, а пар в месте с каплями поступает через погружной дырчатый щит в паровое пространство и пройдя потолочный лист выходит через 14 паровых патрубков в 2 коллектора и далее к турбоагрегатам. Вместе с тем на зеркало испарения из парового пространства выпадают капли воды, образующиеся в нем в процессах конденсации и сепарации водяного пара. Питательная вода от питательного узла поступает через патрубок к раздающему коллектору с $T=165^\circ\text{C}$.

Отсепарированная контурная вода, смешиваясь в смесителях с питательной водой, отводится через 12 опускных патрубков во всасывающий коллектор ГЦН. Вследствие того, что энерговыделение в реакторе неравномерно, имеет место неравномерность паровой нагрузки по длине БС.

2.3.1. Контрольно-измерительные приборы БС

В процессе эксплуатации БС должен быть обеспечен непрерывный контроль следующих параметров:

- 1) массового уровня воды;
- 2) давления;
- 3) температуры верх-низа БС;
- 4) анализ проб воды и пара.

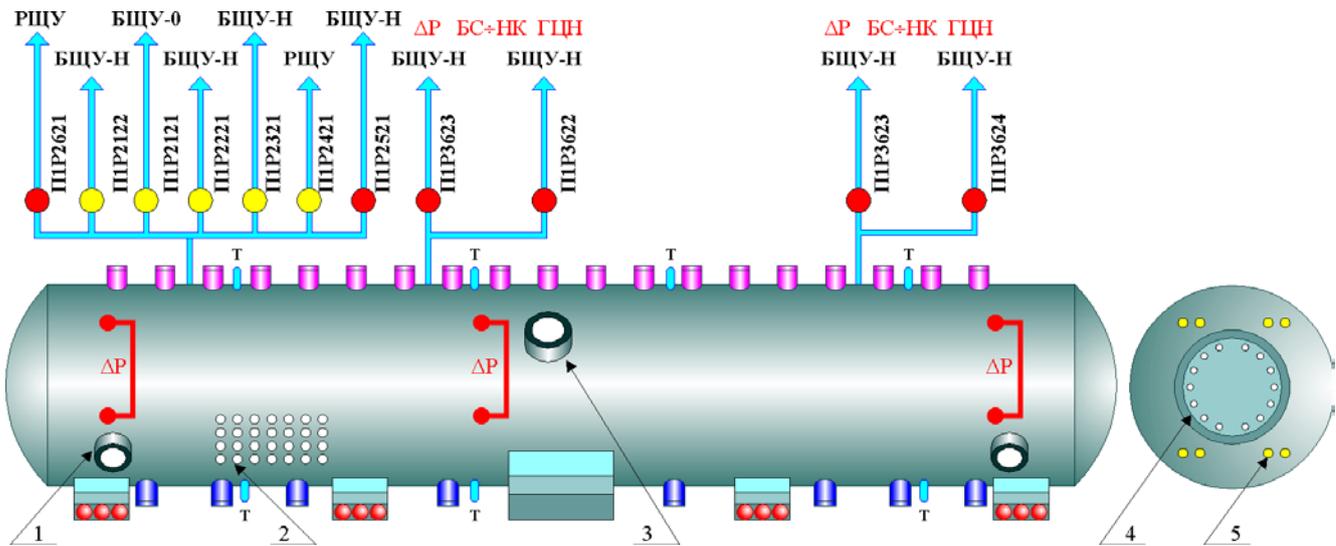


Рисунок 2-2 КИП БС

1. Перемычки по воде
2. ПВК
3. Вход питательной воды
4. Люк-лаз
5. Под уровнемеры

Уровень воды над погруженным дырчатым листом измеряется в 3-х сечениях по длине БС уровнемерами со шкалой +315 мм (3 уравнильных сосуда с базой 630мм).

Уровень ниже погружного дырчатого листа контролируется уровнемерами со шкалой +400мм ÷ -1200мм, подключенным к штуцерам, расположенным на торце БС (3 уравнильных сосуда с базой 1600мм. .

Уровнемеры БС расположены в пом.917/5-8, 926/3,4 на отм.+39,50м. (сосуды уравнильные 2-х камерные).

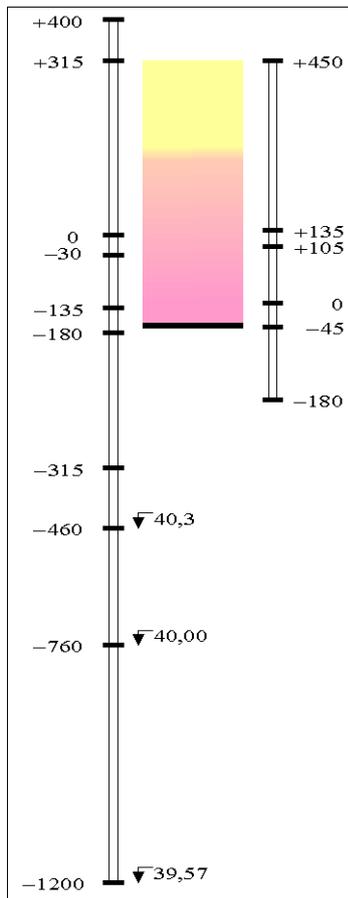


Рисунок 2-3 Схема измерения уровня в БС

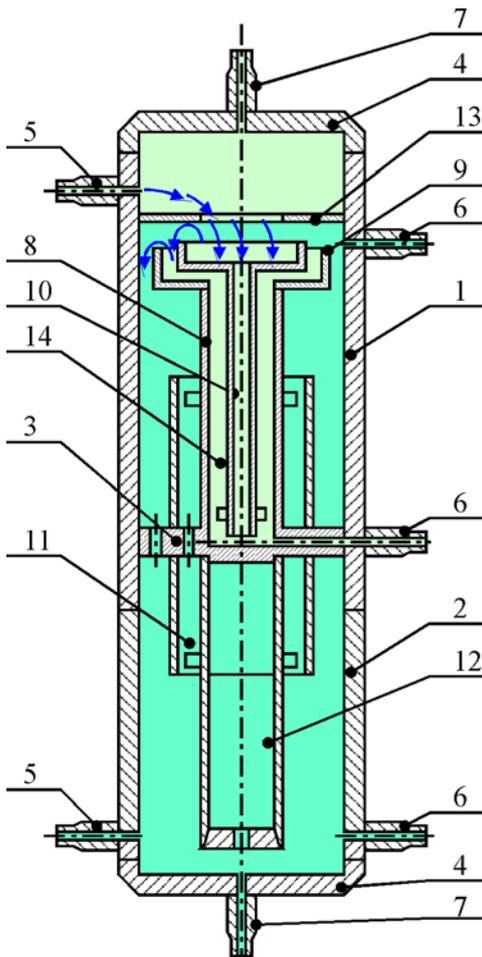
Измерение уровня воды производится гидростатическим методом с использованием 2-х камерных уравнительных сосудов (СУД).

СУД совместно с комплектом измерительных приборов (диффманометр, вторичный прибор) предназначен для измерения уровня воды в БС.

Подсоединение трубопроводов

- 1) СУД подсоединяется к БС 2-мя импульсными трубками $\varnothing 57 \times 4$ мм;
- 2) от 3-х патрубков под трубки $\varnothing 25 \times 3$ мм отходят импульсные линии к диффманометрам;
- 3) в верхней части СУД имеется патрубок под трубку $\varnothing 14 \times 2$ мм для сдува гремучей смеси и в нижней части СУД – дренажная линия $\varnothing 14 \times 2$ мм.

Устройство и принцип работы СУД



- 1) обечайка;
- 2) обечайка;
- 3) основание;
- 4) донышки;
- 5) штуцер от БС;
- 6) штуцер для диффманометров;
- 7) штуцеры сдувки гремучей смеси и дренажа;
- 8) обечайка;
- 9) стакан;
- 10) подводящий коллектор;
- 11) кожух;
- 12) вытеснитель;
- 13) заслонка;
- 14) камера постоянного уровня.

Сосуд уравнивательный 2-х камерный представляет собой цилиндрический корпус, образованный обечайками основанием и донышками.

Корпус посредством штуцеров и соединительных линий сообщается с БС. Для подсоединения основного и дополнительного диффманометров имеются штуцеры. Внутри корпуса расположена камера постоянного. Через горизонтальный канал в основании камера сообщается со штуцером для подсоединения к импульсной линии. Пространство между корпусом и камерой постоянного уровня играет роль камеры переменного уровня.

Принцип работы СУД основан на свойстве сообщающихся сосудов, в связи с чем уровень воды в камере переменного уровня сосуда устанавливается практически таким, какой в БС. Поддержание постоянного уровня осуществляется за счет конденсата, поступающего через верхний штуцер. При этом конденсат поступает в нижнюю часть камеры постоянного уровня, затем поднимается вверх и сливается в камеру переменного уровня. Такое движение конденсата, а также наличие кожухов, обеспечивает поддержание в камере постоянного уровня температуры близкой к "Т-насыщения", что уменьшает погрешность при измерении уровня. Диффманометр, подключенный к штуцерам, измеряет разность давления между неизменным столбом жидкости в камере постоянного уровня и столбом жидкости в камере переменного уровня соответствующем уровню в БС

Дополнительный диффманометр подключается к штуцерам для определения поправки на отличие удельной плотности воды в камере постоянного уровня от расчетной.

Замер "Т" металла БС (верх-низ) осуществляется 6-ю термопарами.

Показания вынесены на БЦУ-Н и в СЦК, где производится вычисление разности температуры верх-низа БС.

Отбор проб контурной воды производится из водяного объема в средней части каждого БС. Отбор проб питательной воды производится из питательной линии каждой пары БС. Пробы пара после БС отбираются из паропроводов Ду600 на горизонтальных участках, которых установлены пробоотборники.

В 3-х паровых патрубках по длине каждого БС имеются устьевые пробоотборники. От пробоотборников в паровом пространстве через штуцер для отвода проб пар поступает в линию отбора проб из патрубков. Проба по воде и пару по соединительным трубкам поступает в холодильники, после чего подается в бокс пробоотбора. На выходе из холодильников установлены запорный и регулирующий вентили.

ПЕРЕМЫЧКИ между 2-мя соседними БС по пару и воде предназначены для обеспечения минимальной разности уровней воды. Предусмотрено 2 перемычки $\varnothing 325 \times 16$ мм по воде и 5 перемычек $\varnothing 325 \times 19$ мм по паровому объему. В одну из перемычек по воде у каждой пары БС врезана труба $\varnothing 325 \times 16$ мм, по которой в период расхолаживания забирается вода из КМПЦ в систему СПиР.

Контрольные вопросы:

1. Объясните назначение БС
2. Объясните конструкцию БС и назначение элементов конструкции
3. Объясните принцип работы БС

ЗАНЯТИЕ 3 Вывод в ремонт оборудования КМПЦ

Промежуточные учебные цели:

1. Объяснить условия и порядок вывода в ремонт НК, ВК, РГК, ТК.

3.1 Система отвода остаточных тепловыделений реактора при проведении ремонтных работ.

Ремонтные работы на оборудовании реакторной установки РБМК-1000 проводятся, как правило, не ранее, чем через сутки после заглушения реактора. При нормальной скорости расхолаживания реактора и контура МПЦ, составляющей 10°С час, этот процесс занимает более 18 часов .

Одним из основных требований, предъявляемых к системе отвода остаточных тепловыделений, является обеспечение надежного охлаждения активной зоны и безопасного доступа к оборудованию и трубопроводам реактора и контура МПЦ для их осмотра и ремонта. Это достигается путем использования оборудования систем нормальной эксплуатации АЭС (насосы, теплообменники, баки), специальных ремонтных систем и введением в схему реакторной установки запорной арматуры для отключения и дренирования различных участков контура, подлежащих ремонту. Количество и места установки арматуры определяются из условия обеспечения ремонтоспособности оборудования и трубопроводов контура и самой арматуры.

В результате анализа ремонтоспособности узлов и оборудования реакторной установки РБМК-1000 реализуется несколько режимов охлаждения активной зоны остановленного и расхолаженного реактора, позволяющих безопасно проводить ремонт оборудования и трубопроводов:

- режим естественной циркуляции теплоносителя;
- режим разорванной естественной циркуляции теплоносителя;
- режим барботажа теплоносителя;
- режим принудительной циркуляции теплоносителя с использованием труб САОР;
- режим обратной циркуляции теплоносителя в направлении сверху вниз с использованием системы ремонтного охлаждения.

3.1.1. Режим естественной циркуляции

Режим естественной циркуляции теплоносителя в контуре МПЦ реактора организуется за счет захолаживания воды в опускном тракте контура. Для захолаживания воды в опускном тракте используется система продувки и расхолаживания (СПиР). Нагретый в активной зоне теплоноситель насосами расхолаживания забирается из водяных переемычек сепараторов и подается в доохладители продувки, где его температура снижается за счет теплоотвода к воде промконтура. Охлажденный теплоноситель поступает в питательные трубопроводы и далее в смесители, установленные на входе в опускные трубопроводы. Данный режим используется для предварительного захолаживания реактора и КМПЦ перед последующим снижением уровня при ремонтах паропроводов и конденсатно-питательного тракта.

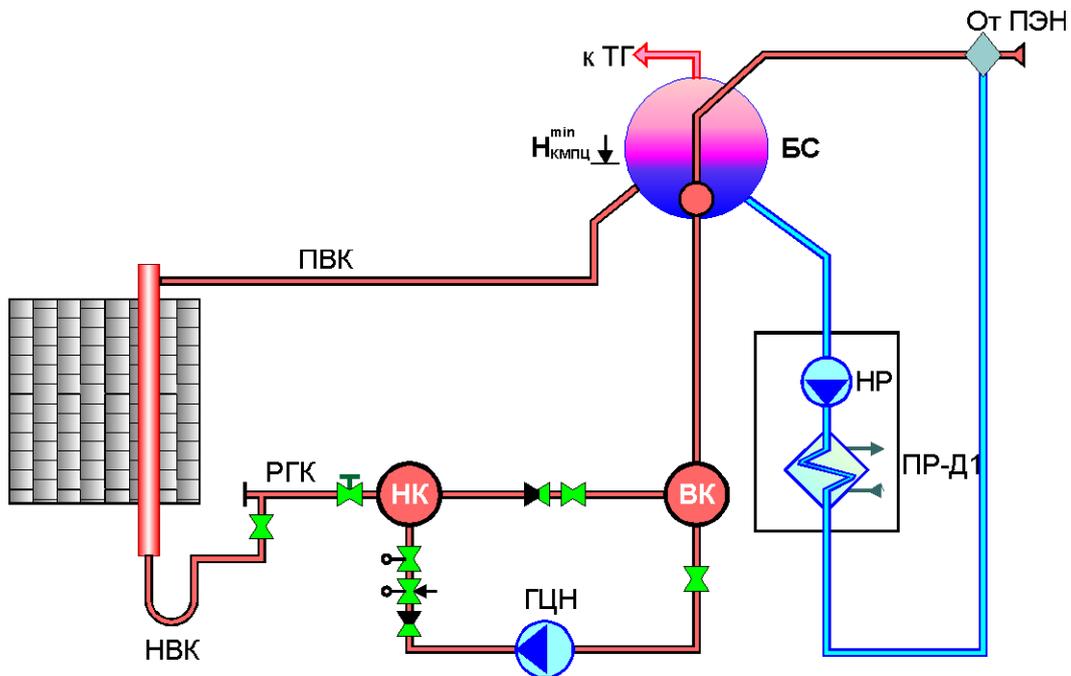


Рисунок 3-1 Режим естественной циркуляции

Охлаждение любой половины активной зоны реактора в режиме естественной циркуляции теплоносителя обеспечивается в течение неограниченного времени при выполнении следующих требований:

- уровень воды в КМПЦ выше отметок врезки труб ПВК в БС;
- давление в БС любое, но не выше предельного, разрешенного для опрессовки контура МПЦ;
- открыты все ЗРК и задвижки на входе в РГК;
- открыты задвижки на напоре и всасе не менее 2 ГЦН и задвижка на перемычках напорного и всасывающего коллекторов ГЦН.

3.1.2. Режим разорванной естественной циркуляции

В режиме разорванной естественной циркуляции теплоносителя сепараторы опорожняются и уровень в контуре МПЦ поддерживается на отметке не более, чем на 1 метр ниже запорных пробок топливных каналов.

Подпитка активной зоны осуществляется насосами АПН в БС, либо переливом части теплоносителя с другой половины КМПЦ, где поддерживается номинальный уровень в БС. Подпитка может производиться также и самотеком из ремонтного бака, подключаемого к раздаточным групповым коллекторам КМПЦ через трубопроводы продувки тупиковых зон РГК.

Ремонтный бак подпитывается химобессоленной водой. Режим разорванной естественной циркуляции используется при выполнении перегрузки активной зоны без РЗМ, а при подключении к РГК ремонтного бака обеспечивается возможность для ведения следующих работ:

- опорожнение и ремонт напорных коллекторов, ГЦН и трубопроводов их обвязки с арматурой на напоре без ограничений по времени;
- опорожнение и ремонт БС, опускных труб, всасывающих коллекторов с арматурой на всасе ГЦН на период до начала кипения в активной зоне, которое сопровождается выбросом теплоносителя из ТК в БС, возобновление ремонта осуществляется после захлаживания активной зоны;

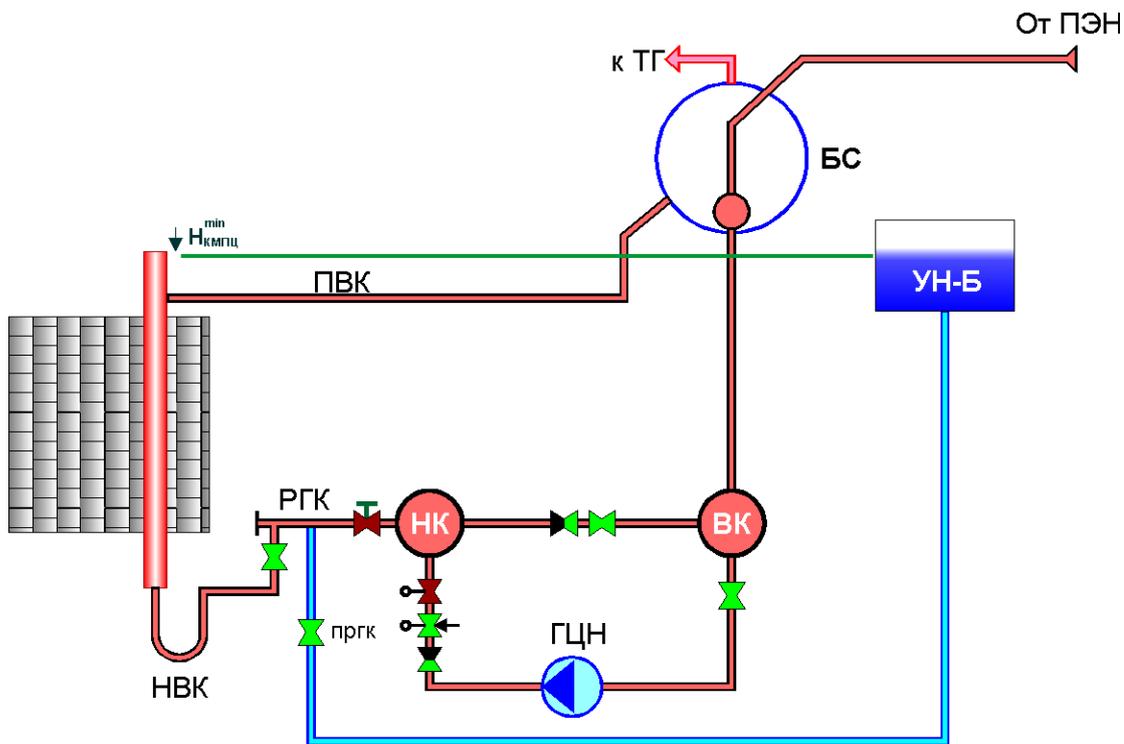


Рисунок 3-2 Режим разорванной естественной циркуляции

3.1.3. Режим барботажного теплоносителя

Режим барботажного теплоносителя используется для опорожнения и ремонта РГК, напорных коллекторов, ГЦН и трубопроводов их обвязки с арматурой на напоре без ограничений по времени.

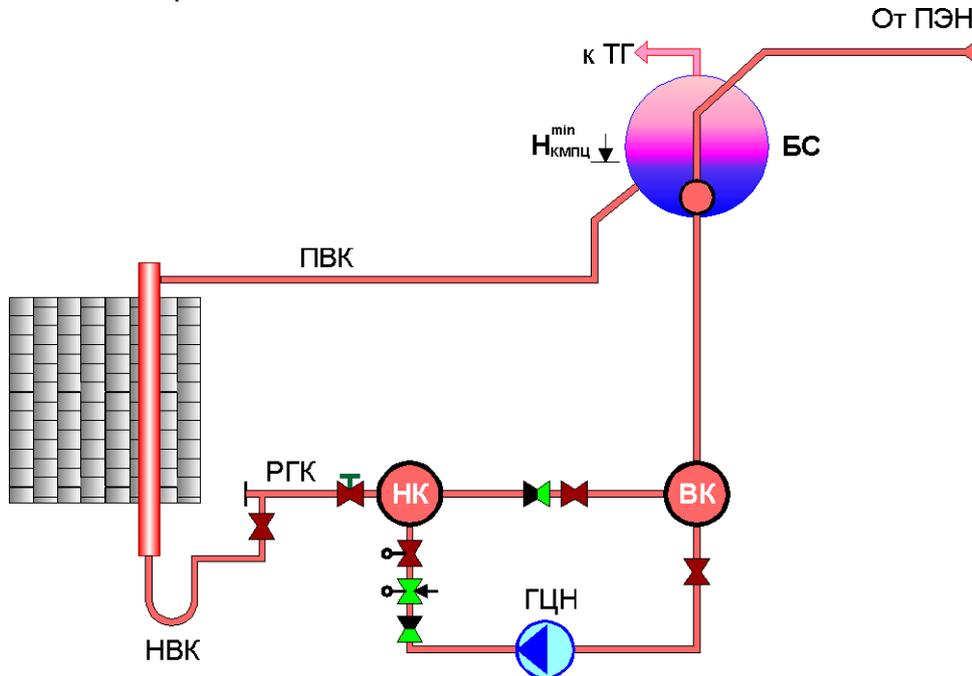


Рисунок 3-3 Режим барботажного теплоносителя

Охлаждение любой половины активной зоны реактора в барботажном режиме обеспечивается в течение неограниченного времени при выполнении следующих требований:

- остаточная мощность топливного канала не более 25 кВт;
- уровень воды в КМПЦ выше отметки врезки труб ПВК в БС;
- давление в БС атмосферное;
- температура воды в БС не ниже $80 \div 90^\circ\text{C}$ для исключения гидроударов в трубах ПВК и, только в случае крайней необходимости, разрешается ее снижение до 30°C ;
- закрыты задвижки на напоре и всасе всех ГЦН и перемычках напорного и всасывающего коллекторов ГЦН;
- закрыты ЗРК на входе в ТК и задвижки на входе в РГК в любом количестве.
- уровень в КМПЦ поддерживается на заданной отметке периодической подпиткой, в ремонтных баках системой автоматической подпитки.

Пар, образующийся в активной зоне, выходит в сепараторы, выталкивая находящуюся над ним воду, после чего в топливные каналы поступает вода из сепараторов, захлаживая тепловыделяющие кассеты.

Отвод остаточных тепловыделений от активной зоны осуществляется путем отвода пара из БС в технологические конденсаторы и периодической подпиткой КМПЦ насосами АПН, либо захлаживанием теплоносителя в БС системой продувки и расхлаживания.

3.1.4. Режим обратной принудительной циркуляции

С целью обеспечения возможности проведения длительных и непрерывных ремонтов трубопроводов пароводяных коммуникаций, барабанов-сепараторов, опускных трубопроводов, напорных и всасывающих коллекторов и трубопроводов ГЦН с арматурой организация охлаждения активной зоны производится в режиме обратной принудительной циркуляции.

Обратная принудительная циркуляция теплоносителя сверху вниз. Для такой циркуляции используются системы ремонтного охлаждения.

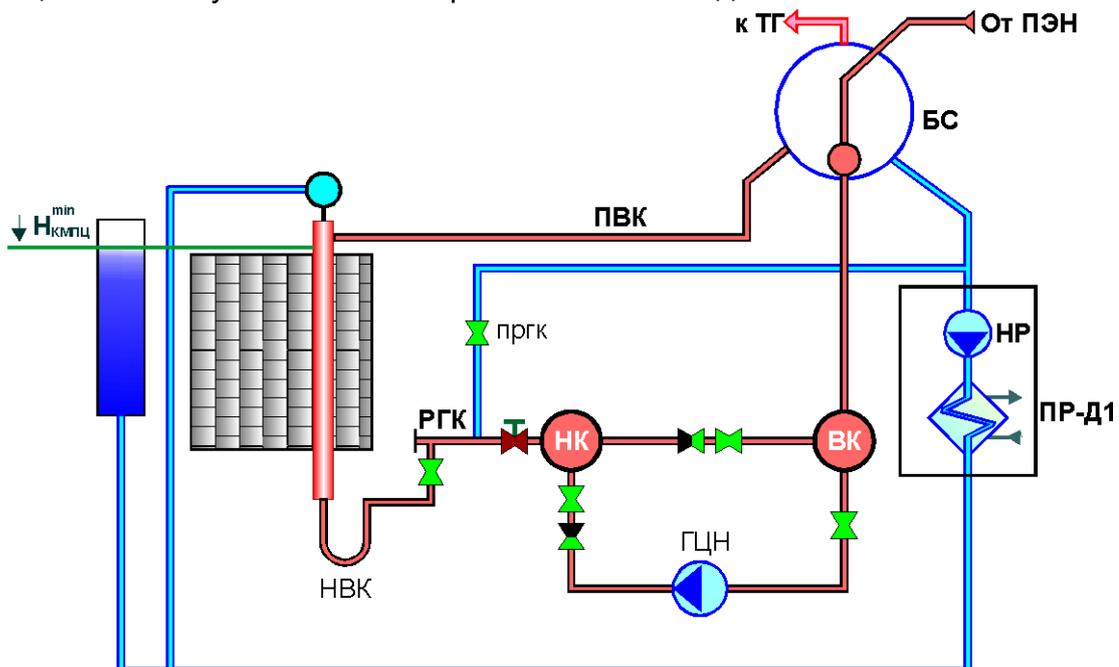


Рисунок 3-4 Режим обратной принудительной циркуляции

Данный режим организуется посредством специально разработанной системы отвода остаточного тепловыделения. Система включает в себя штатные насосы и теплообменники, специальный коллекторный узел раздачи теплоносителя по каналам и приемные устройства в каждом топливном канале, монтируемые только в период проведения ремонта.

Для гарантированного заполнения и подпитки активной зоны водой к ней подключен ремонтный бак с запасом воды.

Подача воды в коллекторный узел осуществляется насосами СПиР. Охлаждающая вода по коллекторам подается в верхнюю часть каждого, предварительно разгерметизированного ТК, через приемные устройства. Охлаждая активную зону реактора при движении самотеком сверху вниз, вода отводится из каждого РГК через линии СПиР при закрытых задвижках на входе в РГК.

Далее насосами СПиР нагретая в активной зоне вода подается в доохладитель продувочной воды, где осуществляется отвод тепла к промконтурной воде, и возвращается в коллекторный узел раздачи теплоносителя. Контур циркуляции замыкается.

Параметры охлаждающей воды в системе устанавливаются таким образом, чтобы обеспечивался требуемый запас до кипения теплоносителя в любом топливном канале для исключения выброса пароводяной смеси в опорожненные для ремонта трубопроводы и оборудование контура МПЦ.

3.1.5. Режим принудительной циркуляции с использованием труб САОР

Режим принудительной циркуляции теплоносителя с использованием труб САОР применяется при выполнении работ по опорожнению и ремонту напорных коллекторов, ГЦН и трубопроводов их обвязки с арматурой на напоре без ограничений по времени.

Этот режим применяется также для эффективного захолаживания активной зоны с последующим переводом реактора в режим разорванной естественной циркуляции для ремонта соответствующего оборудования.

Охлаждение любой половины активной зоны реактора осуществляется в течение неограниченного времени за счет принудительной циркуляции теплоносителя через ТК насосами СПиР по трубопроводам подвода воды САОР к РГК и забором воды из барабанов-сепараторов.

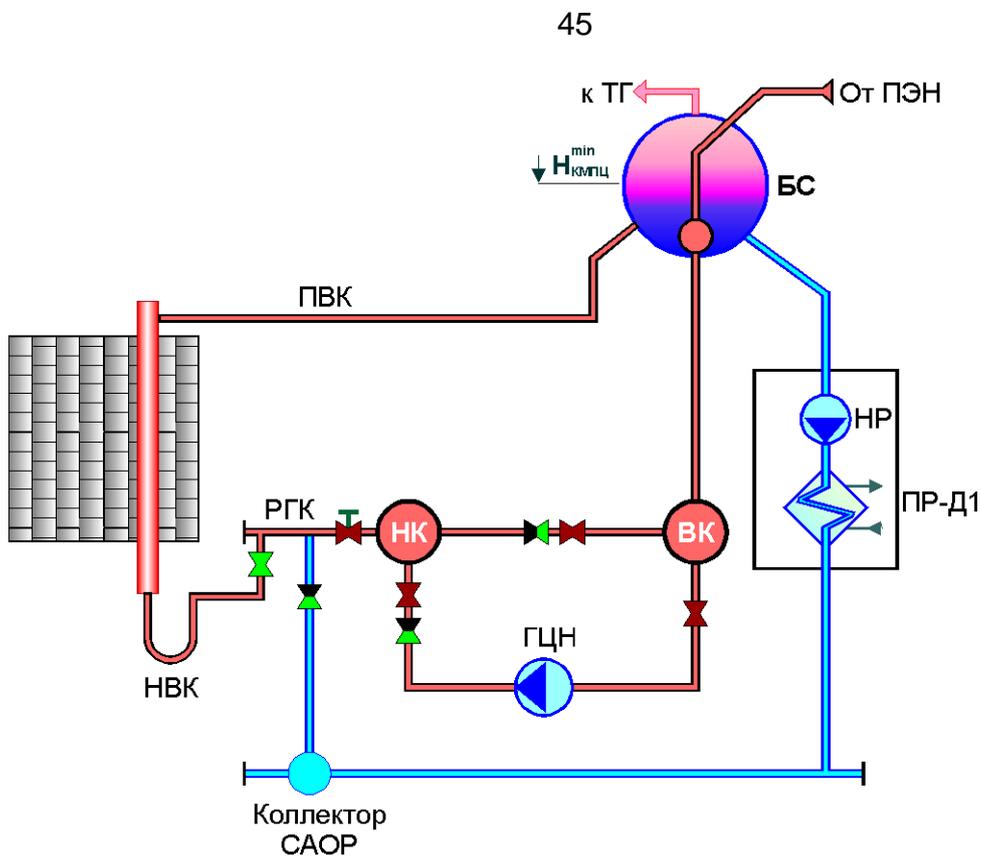


Рисунок 3-5 Режим принудительной циркуляции с использованием труб САОР

Теплоотвод осуществляется с помощью СПиР. При этом должны выполняться следующие требования:

- уровень воды в контуре МПЦ выше отметок врезки труб ПВК в БС;
- давление в БС атмосферное;
- закрыты задвижки на напоре или всасе всех ГЦН и задвижки на байпасе напорного и всасывающего коллекторов ГЦН;
- закрыты задвижки на входе в каждый РГК;
- открыты все ЗРК каналов данной половины реактора.

При всех режимах расхолаживания разность температур воды в ТК по сторонам реактора не должна превышать 30°C, допускается кратковременное повышение разности температур до 50°C на время не более 1 часа.

3.2 Выдержки из Инструкции по организации работ со вскрытием оборудования КМПЦ

Режим работы на вскрытом оборудовании должен вводиться с начала операций по его вскрытию. При этом перед вскрытием оборудования должно быть установлено временное ограждение соответствующей производственной зоны с контролируемым входом в нее и ограничен доступ персонала в зону. Наблюдающий от оперативной службы назначается только при допуске и приемке по наряду в случаях вскрытия (закрытия) оборудования, а также снятия установке) крышек, заглушек, с оформлением «Журнала регистрации предохранительных операций на вскрываемом оборудовании».

Во всех остальных случаях наблюдающий за производством работ на вскрытом оборудовании выставляется от службы ремонта.

При выполнении работ на реакторной установке режим работы на вскрытом оборудовании должен быть введен с начала вскрытия любого входящего в нее оборудования, (ГЦН, реактора, барабана-сепаратора, трубопроводов, коллекторов, арматуры КМПЦ, оборудования СВО-1, оборудования САОР, оборудования СУЗ и др.). Началом вскрытия реактора является извлечение ТВС (перегрузка ТВС при помощи РЗМ не считается вскрытием), поглотителей СУЗ или вскрытие канала охлаждения отражателя и другого оборудования. Закрытие реактора завершается со сборкой (закрытием) последнего разъема.

Требования к сборке (закрытию) оборудования

Перед началом работ по сборке (закрытию) оборудования рабочую зону убрать от посторонних предметов, мусора и др., на рабочие места доставить все необходимые для выполнения работ детали, материалы, а также средства оснащения в строгом соответствии с Перечнем оснастки. Руководитель работ обязан уведомить начальника смены цеха о начале закрытия оборудования. Начальник смены цеха должен направить своего представителя для наблюдения и контроля операций по завершению работ по закрытию оборудования.

Корпусная или другая базовая составная часть оборудования, которая ремонтировалась на месте установки, подвергается приёмочному контролю на соответствие её технического состояния установленным требованиям, а также на отсутствие в её внутренних полостях загрязнения и посторонних предметов. Контроль выполняется назначенным специалистом-контролёром с участием руководителя работ. Результаты контроля оформляются в соответствии с требованиями РД ЭО 0069-97.

Завершение работ на вскрытом оборудовании реакторной установки оформлять протоколом, утверждаемым заместителями главного инженера по ремонту и эксплуатации.

Перед сборкой основных разъемов корпуса оборудования, после установки в него внутрикорпусных частей и завершения его закрытия руководитель работ при участии специалиста от оперативного персонала проверяют наличие всех предметов, внесенных в зону работ перед началом сборки согласно Журналу РПДЗ, с учетом использованных при сборке деталей и материалов, проверяют на чистоту вскрытые полости. При положительных результатах этих проверок руководитель работ, специалист от оперативного персонала и специалист-контролер дают "добро" производителю работ на закрытие полостей оборудования, оформляя акт промежуточного контроля и протокол закрытия оборудования в соответствии с РД ЭО 0069-97.

Контрольные вопросы:

1. Какие схемы охлаждения АЗ используются при ремонте НК, ВК, РГК, ТК?
2. При производстве каких ремонтных работ назначается наблюдающий от оперативной службы?

ЗАНЯТИЕ 4 Режимы работы КМПЦ

Промежуточные учебные цели

1. Объяснить порядок подготовки оборудования КМПЦ к пуску, останову. Номинальный режим
2. Объяснить действия при обнаружении отклонений оборудования КМПЦ от номинала.
3. Назвать аварийные защиты блока связанные с КМПЦ:

4.1 Подготовка КМПЦ к пуску

При подготовке КМПЦ к пуску после ППР, если велись работы со сваркой, необходимо произвести гидравлические испытания с целью проверки прочности и плотности оборудования, трубопроводов, их деталей и сборочных единиц, работающих под давлением.

Выдержки из регламента гидравлических испытаний КМПЦ

1. Послемонтажные гидравлические испытания технологических каналов производить совместно с участками трубопроводов НВК и ПВК пробным давлением 115 кгс/см^2 при температуре не ниже 10°C .

Послемонтажные испытания участка КМПЦ от задвижки на всасе ГЦН до задвижек на РГК производить пробным давлением 131 кгс/см^2 при температуре не менее 55°C .

Общие послемонтажные гидравлические испытания оборудования и трубопроводов КМПЦ производить пробным давлением $103 \div 105 \text{ кгс/см}^2$ при температуре не ниже 55°C .

2. Периодические гидроиспытания КМПЦ при технических освидетельствованиях производить один раз в четыре года при пробном давлении $103 \div 105 \text{ кгс/см}^2$ и температуре теплоносителя $130 \div 150^\circ\text{C}$.

Проверку плотности разъемных соединений и инспекционный осмотр оборудования и трубопроводов производить при давлении 85 кгс/см^2 и температуре 55°C .

3. Внеочередные гидравлические испытания после ремонта с применением сварки оборудования или трубопроводов КМПЦ (за исключением технологических каналов) производить при тех же параметрах, что указаны в пункте 2, кроме участка от всасывающей до напорной задвижки ГЦН. Этот участок испытывается пробным давлением 131 кгс/см^2 при температуре не менее 55°C .
4. при замене ТК на действующих энергоблоках производить гидроиспытания пробным давлением 115 кгс/см^2 при температуре не ниже 10°C только вновь установленных ТК.

Все работы при проведении гидроиспытаний ведутся по программе, утвержденной ГИ станции. Приказом директора станции назначается комиссия. Комиссия работает при участии и под контролем инспектора по надзору.

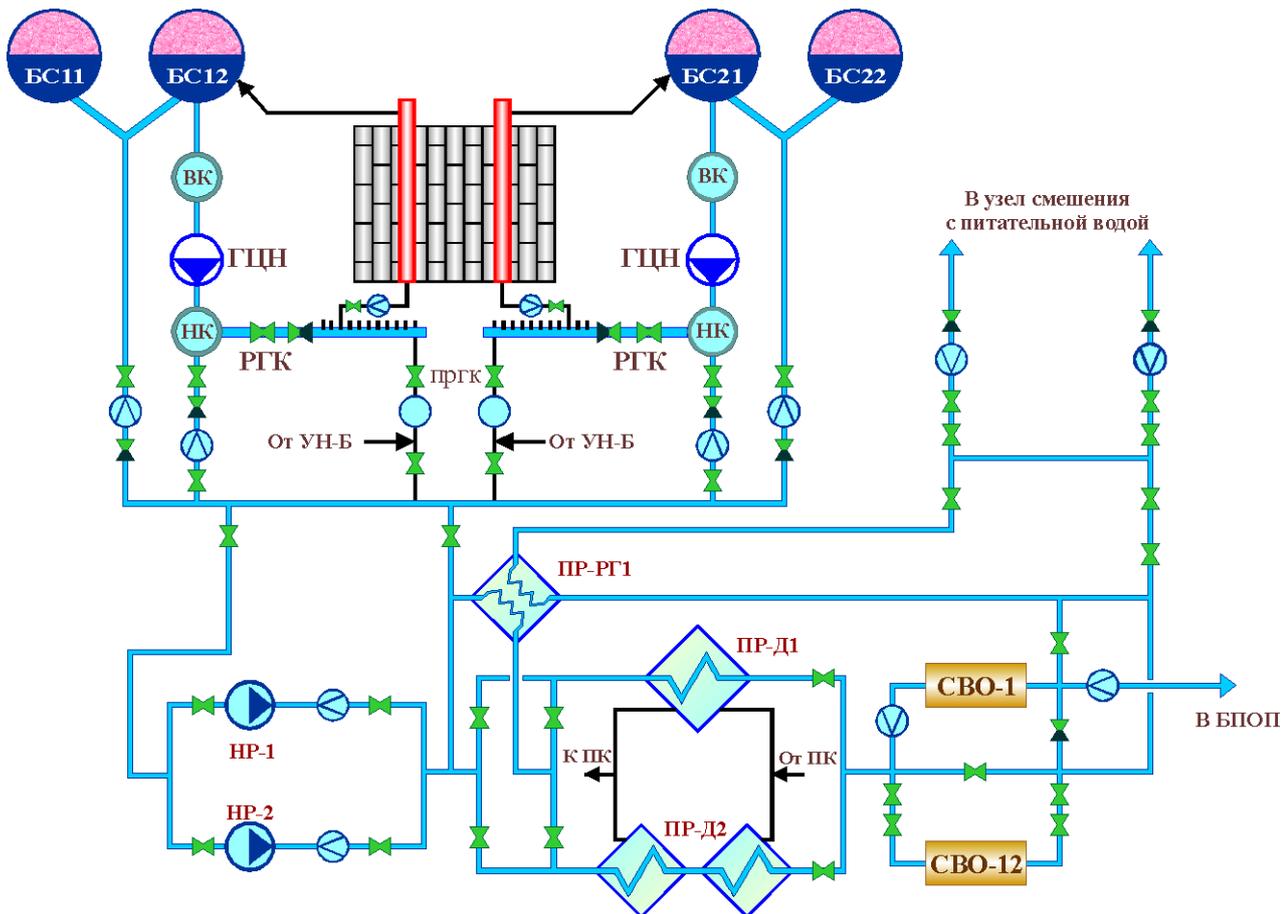


Рисунок 4-1 Разогрев и расхолаживание КМПЦ при помощи СПиР

4.1.1. Разогрев КМПЦ

Разогрев КМПЦ до $T=120^{\circ}\text{C}$ производится от ГЦН. Дальнейший разогрев КМПЦ осуществляется поднятием тепловой мощности реактора. До начала повышения температуры КМПЦ выше 100°C качество воды контура должно быть доведено (очисткой на СВО-1) до показателей в соответствии с "Регламентом ..."

При разогреве контура должны выдерживаться следующие условия:

- скорость изменения температуры воды в КМПЦ – не более $10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$;
- разность температуры металла верха и низа БС – не более 40°C ;
- разность между температурами питательной воды и низом БС – не более 130°C ;
- разность температур между ребром сх."Е", "ОР" и трактов ТК – не более 50°C .
- После перехода на ядерный разогрев СПиР переводится в режим "продувка". При этом поддерживается номинальный расход продувочной воды через СВО-1 при работе 3-х ГЦН на сторону $180\div 200\text{т}/\text{ч}$, при работе 2-х ГЦН на сторону $120\div 140\text{т}/\text{ч}$.

В процессе разогрева КМПЦ (при давлении в БС $50\text{кгс}/\text{см}^2$) производится опробование ГПК от ключей управления.

Излишки воды КМПЦ при разогреве сбрасываются в промежуточный бак оргпротечек после очистки на СВО-1 с температурой не выше 50°C . При этом расход продувочной воды, сбрасываемой из КМПЦ, не должен превышать следующих величин от расхода прямой продувочной воды через регенератор:

- при температуре воды КМПЦменее 170°C 50%;
- при температуре воды КМПЦ $170\div 240^{\circ}\text{C}$ 30%;
- при температуре воды КМПЦ более 240°C 25%.

4.1.2. Номинальный режим работы КМПЦ

В номинальном режиме работы блока вода КМПЦ с помощью ГЦН подается в НК ($T=270^{\circ}\text{C}$, $P=84\text{кгс/см}^2$), далее в РГК. Из РГК вода по трубам НВК поступает в ТК каждой половины реактора. В ТК вода, осуществляет теплосъем с ТВС, преобразуется в пароводяную смесь со средним паросодержанием 14,5%. Далее по трубам ПВК поступает в БС, где разделяется на пар и воду. Отсепарированная вода, смешиваясь в смесителях с питательной водой поступает по опускным трубопроводам во ВК ГЦН, а насыщенный пар при $P=69\text{кгс/см}^2$ и $T=284,5^{\circ}\text{C}$ с влажностью пара 0,1% направляется по паропроводам к турбинам. Давление острого пара перед турбинами = 65кгс/см^2 .

4.1.3. Расхолаживание КМПЦ.

Расхолаживание реактора и КМПЦ производится после выключения ТГ путем постепенного снижения давления за счет регулируемого сброса пара.

Регулируемый сброс пара производится через БРУ-К в конденсаторы ТГ, а после ухудшения вакуума до 600мм – через БРУ-ТК в технологические конденсаторы.

При снижении температуры воды в КМПЦ до 180°C и давления в БС до 10кгс/см^2 расхолаживание контура за счет регулируемого сброса пара становится не эффективным. С целью поддержания скорости расхолаживания КМПЦ – 10°C/ч производится переход по СПиР с режима "продувки" на режим "расхолаживание".

В режиме "расхолаживание" циркуляция воды через СПиР осуществляется по схеме: **БС – НР – доохладитель ПР-Д1 – смесители БС – БС**. Общий расход через СПиР может быть получен при работе 2-х НР – 900т/ч. Расход промконтурной воды через доохладитель продувки ПР-Д1 обеспечивается 3-мя насосами ННР (производительность – 2900т/ч). После заглушения реактора допускается отключение по 1 из 3-х работающих ГЦН в каждой насосной. После включения насоса НР допускается ставить в работе по 1-му ГЦН на сторону. Останов всех ГЦН и переход на естественную циркуляцию разрешается при снижении температуры воды в КМПЦ до 100°C .

Естественная циркуляция организована по схеме: **БС – опускные трубопроводы – ВК – перемычка ВК и НК – НК – РГК – ТК – БС**

При дальнейшем снижении "Т" воды штатный режим расхолаживания КМПЦ становится не эффективным вследствие относительно невысокой мощности остаточных тепловыделений.

Для обеспечения эффективного охлаждения ТК организуется следующая схема циркуляции воды: **БС – НР – ПР-Д2 – трубопроводы СПиР-САОР – трубопроводы САОР – РГК – ТК – БС**.

Расхолаживание заканчивается при температуре воды КМПЦ = 80°C и температуре графита = 100°C . При необходимости производства ремонтных работ в пом.НВК, ПВК, БС, ВК, НК допускается расхолаживание КМПЦ до температуры $=30^{\circ}\text{C}$.

При температуре воды в КМПЦ $30\div 50^{\circ}\text{C}$ производится продувка тупиковых зон РГК при 1-м работающем НР. Продувка каждого РГК проводится в течении 2-х минут расходом = 100т/ч. Работы по продувке тупиковых зон ЗГК на обеих сторонах реактора проводить одновременно не допускается.

При аварийном расхолаживании блока допускается скорость снижения температуры воды в КМПЦ до 30°C/ч с целью сохранения оборудования и сведения последствий аварий к минимальным.

Основными причинами аварийного расхолаживания блока являются :

- возникновение угрозы обезвоживания активной зоны;
- течи и разрывы трубопроводов КМПЦ, сопровождающиеся радиоактивными выбросами в помещения ЗСР;
- течи и разрывы главных паропроводов;
- течи и разрывы трубопроводов питательной воды;
- течи и разрывы трубопроводов КО СУЗ, КД, ДКЭ, КОО;
- разгерметизация и разрывы ТК;
- пожар на БЩУ.

В любых аварийных режимах, в том числе в период ППР, должен быть обеспечен отвод остаточных тепловыделений от активной зоны. **Обезвоживание активной зоны не допускается.**

4.2 Действия персонала при обнаружении неплотности оборудования КМПЦ

4.2.1. Разрыв трубопровода в прочно-плотном боксе

Истекающий из КМПЦ теплоноситель интенсивно испаряется, давление в аварийном ППБ растет. При повышении давления до $0,02 \text{ кг/см}^2$ срабатывают клапаны панелей обратных клапанов между ППБ и ПРК, пар из аварийного ППБ поступает в ПРК и конденсируется на КПТ. При дальнейшем росте давления до $0,1 \text{ кг/см}^2$ выбиваются гидрозатворы блоков паросбросных труб и паровоздушная смесь поступает под уровень воды средней части ББ из ПРК и боковой части ББ из аварийного ППБ.

При барботаже через слой воды в ББ пар, содержащийся в паровоздушной смеси, конденсируется, а воздух поступает в надводное пространство. Давление воздуха в ББ повышается и при $0,0237 \text{ кгс/см}^2$ открываются перепускные клапаны из ББ в неаварийный ППБ, куда перетекает часть воздуха.

Вода ББ нагревается за счет теплоты конденсации пара и при температуре насыщения вскипает. Этот вторичный пар конденсируется на струях воды, распыляемой в воздушном пространстве через форсунки спринклерно-охлаждающей системой. Вода ББ, подаваемая в форсунки, охлаждается на теплообменниках СОС техникой.

4.2.3. Срабатывание ГПК

При работе ГПК пар через сбросные трубопроводы поступает под уровень воды на оба этажа ББ. При барботировании пар конденсируется, нагревая воду ББ. Частично тепло из ББ отводится теплообменниками СОС. Когда температура воды достигнет 70°C, дистанционно необходимо открыть байпасы предохранительных клапанов ББ.

Часть пара начинает поступать в надводное пространство ББ. Давление в бассейне повышается и при 0,0237кг/см² открываются перепускные клапаны из ББ в ППБ. Несконденсированный пар через ППБ и байпасы предохранительных клапанов направляется в атмосферу.

4.2.4. Разрыв технологического канала

СЛА ТК подразделяется на две подсистемы: основную, допускающую разрыв до 5 ТК с находящимися в них ТВС, направляющую ПГС в ББ.

Расчетное давление при такой аварии не превышает 1,5кгс/см².

Страховочную, допускающую разрыв до 9 ТК, когда расчетное давление в РП будет выше и чтобы не допустить смещение сх. «Е», рассчитанной на давление в РП 2,75кгс/см², срабатывает мембранный ПК Ду1100 при давлении 1,8кгс/см². Выброс заведен в атмосферу.

Пар и азотно-гелиевая смесь из РП по трубопроводам диаметром 600мм поступает на оба этажа бокса сброса парогазовой смеси под уровень воды. Пар при барботаже конденсируется, а неконденсирующиеся газы поступают в надводное пространство бокса. Давление в боксе растет и при увеличении его до 0,1кг/см² открываются перепускные клапаны, через которые газы перетекают в ПРК. После достижения давления в ПРК 0,1кг/см² открываются перепускные клапаны, через которые газы перетекают в ПРК. После достижения давления в ПРК 0,1кг/см² газы выбивают гидрозатворы из ПРК в ББ и далее при росте давления в ББ до 0,0237кг/см² попадают в помещения прочно-плотных боксов.

Отвод тепла из ПГС осуществляется за счет обмена воды на охлажденную в спринклерно-охладительной системе. Излишки по переливным трубам сбрасываются в ББ.

4.3 Аварийные защиты блока, связанные с КМПЦ

Для исключения нарушения пределов и условий безопасной эксплуатации АЭС предусмотрены автоматические средства и организационные мероприятия.

1. Автоматические средства защиты реактора от недопустимого изменения параметров и при отказах оборудования энергоблока, сигналы и уставки срабатывания защит определены в главе 3 данного регламента.
2. Организационные мероприятия состоят в требовании заглушения реактора или снижения его мощности до безопасного уровня вручную с пульта оператора при появлении признаков аварийной ситуации.

Реактор должен быть немедленно заглушен поворотом ключа БА3 в следующих случаях:

1. Разрыв ТК или канала СУЗ, ДКЭ, КД или КОО реактора;
2. Попадание воды в РП – при обнаружении текущего канала или при расходе течи воды в РП – более 10кг/ч;

3. Обнаружение парения в районе верха реактора, которое сопровождается любым перечисленным ниже событием:
 - интенсивность парения не позволяет точно определить место дефекта;
 - течь или свищ на участке ниже шва приварки обоймы к стояку;
 - течь сварного шва приварки обоймы к стояку или сквозной дефект в обойме и невозможность установки защитного колпака;
 - течь через прокладку ТК, приводящая к разрушению струями пароводяной смеси защитных блоков сб.11 или недопустимому ухудшению радиационной обстановки в ЦЗ;
4. Разрыв труб КМПЦ, КО СУЗ, питательных трубопроводов или паропроводов острого пара;
5. Обнаружение трещин и свищей оборудования и трубопроводов или течей через болтовые соединения на неотключаемых участках КМПЦ, питательных трубопроводов и паропроводов острого пара в необслуживаемых помещениях;
6. Появление и устойчивое сохранение более 5-ти сигналов СРВ в ТК, подключенных к одному РГК, за интервал времени – менее 3 минут;
7. Обнаружение недопустимого снижения расхода через ТК (или при выходе из строя расходомера) по совпадению следующих признаков:
 - отсутствует расход через канал по показаниям осциллографа;
 - пик азотной активности в ТК с ТВК по измерениям поканальной системой КГО в 2 и более раза меньше пика в соседних каналах с ТВК или неисправна поканальная часть системы КГО;
 - отсутствует пик азотной активности и стуки в ТК с ДП;
8. Снижение расхода питательной воды до нуля в любую из половин реактора до 60% $N_{НОМ}$, то есть, когда не введена в работу автоматическая защита по снижению расхода питательной воды;
9. Выход из строя всех манометров БС на обеих половинах КМПЦ или всех уровнемеров на любой половине КМПЦ и невозможность определения давления или уровня в БС по другим приборам;
10. Открытие и последующая непосадка 3-х и более ГПК;
11. Возникновение аварийных ситуаций в процессе перегрузки каналов с помощью РЗМ (обрыв центрального стержня ТВК, разуплотнение пробки ТК после перегрузки, разгерметизация скафандра, заклинивание ТВК);

4.3.1. АЗ-5(АЗ-1) – снижение мощности реактора до полного заглушения по следующим причинам:

1. Все причины срабатывания БАЗ;
2. Отключенное состояние 3-х из 4-х, 2-х из 3-х или 1-го из 2-х работающих ГЦН в любой насосной (по факту отключенного состояния выключателей);
3. Снижение расхода воды в КМПЦ (по факту снижения расхода до 5000м³/час через каждый из 3-х при 4-х, каждый из 2-х при 3-х или 1 при 2-х работающих ГЦН в любой насосной);
4. Снижение расхода питательной воды в любую из половин КМПЦ до 50% текущего значения, соответствующего данному уровню мощности реактора в диапазоне 60÷100% $N_{НОМ}$..;
5. Повышение избыточного давления в БС любой половины КМПЦ до 74кгс/см²;

6. Снижение массового уровня теплоносителя в БС любой половины КМПЦ по уровнемерам со шкалой $+400 \div -1200\text{мм}$:
- до "-500мм" в диапазоне изменения мощности $0 \div 60\% N_{\text{НОМ}}$;
 - до "-1000мм" в диапазоне изменения мощности $0 \div 100\% N_{\text{НОМ}}$;
7. Повышение массового уровня теплоносителя в БС любой половины КМПЦ до "+300 мм" по уровнемерам со шкалой $+400 \div -1200\text{мм}$;

4.3.2. АЗ-1 (АЗ-4) – снижение мощности реактора до 60% $N_{\text{НОМ}}$ по следующим причинам:

1. Отключенное состояние 2-х из 4-х или 1-го из 3-х работающих ГЦН в любой насосной (по факту отключенного состояния выключателей);
2. Снижение расхода воды в КМПЦ (по факту снижения расхода до $5000\text{м}^3/\text{час}$ через каждый из 2-х при 4-х или 1-н при 3-х работающих ГЦН в любой насосной);
3. Формирование команды на включение схемы автоматического прикрытия ДРК ГЦН на любой половине КМПЦ;
4. Снижение расхода питательной воды в любую из половин КМПЦ до 75% текущего значения, соответствующего данному уровню мощности реактора в диапазоне $60 \div 100\% N_{\text{НОМ,Т}}$;
5. Снижение массового уровня воды в БС любой половины КМПЦ до "-500мм" по уровнемерам со шкалой $+400 \div -1200\text{мм}$ в диапазоне изменения мощности реактора $60 \div 100\% N_{\text{НОМ}}$;
6. Повышение массового уровня воды в БС любой половины КМПЦ до "+150мм" по уровнемерам со шкалой $+400 \div -1200\text{мм}$ в диапазоне изменения мощности реактора $60 \div 100\% N_{\text{НОМ}}$;

Защита реактора, КМПЦ и паропроводов от недопустимого повышения давления осуществляется автоматическим включением паросбросных устройств безопасности, количество, пропускная способность, значения уставок открытия и закрытия после срабатывания которых приведены в таблице.

Таблица 4-1

Наименование паросбросного устройства	Кол-во, шт	Пропускная способность по пару одного устройства, т/ч	Избыточное давление кгс/см ²	
			открытие	закрытие
ГПК (первая группа)	2	350	75	72
ГПК (вторая группа)	4	350	76	73
ГПК (третья группа)	2	350	77	74

Защита реактора от аварийного снижения давления в КМПЦ осуществляется автоматическим закрытием СРК турбин по сигналу снижения избыточного давления в БС до 59 кгс/см^2 (закрытие СРК 1-й турбины) и до 54 кгс/см^2 (закрытие СРК другой турбины).

Защита от обезвоживания активной зоны реактора при разрывах трубопроводов КМПЦ, паропроводов и питательных трубопроводов и аварийное расхолаживание РУ осуществляется автоматическим включением САОР, состоящей из быстродействующей подсистемы и подсистемы длительного расхолаживания.

Контрольные вопросы:

1. Назовите аварийные защиты реактора, связанные с КМПЦ
2. Объясните условия аварийного расхолаживания КМПЦ
3. Как организуются и проводятся работы по ГИ КМПЦ