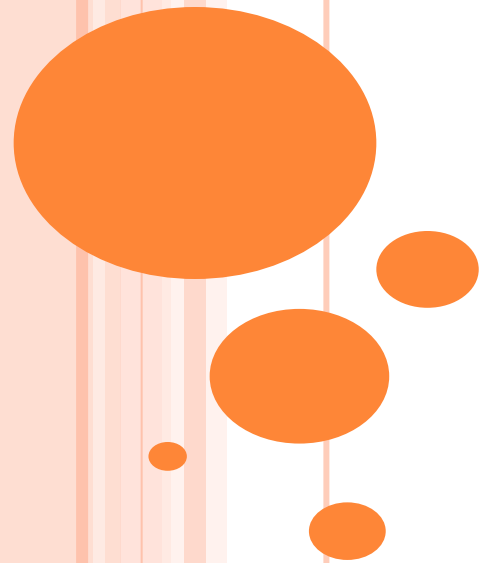


СИСТЕМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ПОДАЧИ РЕАГЕНТОВ КРЈ



ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ И НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

Система приготовления и подачи реагентов КРЈ предназначена для приёма химических реагентов со склада реагентов, их хранения, приготовления растворов рабочей концентрации и подачи потребителям.



ХИМИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ ПРИМЕНЯЮТСЯ ДЛЯ:

- - приготовления рабочих растворов, дозируемых в теплоноситель первого контура из баков хранения системы КВД;
- - регенерации ионообменных фильтров;
- - поддержания водно-химического режима процесса выпарки системы переработки трапных вод;
- - приготовления дезактивирующих растворов в системе ФКТ10-70;- проведения периодических промывок выпарных аппаратов системы переработки трапных вод и системы переработки теплоносителя.



РЕФЕРЕНТНОСТЬ СИСТЕМЫ КРЈ

- Система КРЈ референтна системе приготовления и подачи реагентов – КРЈ, применяемой в проекте НВАЭС-2.
- По сравнению с проектом НВАЭС-2 из состава системы исключена группа оборудования приготовления и подачи раствора аммиака: бак раствора аммиака 1 штука, насосы-дозаторы аммиака с антипульсирующим устройством 2 штуки с трубопроводами обвязки, арматурой 14 штук и датчиками КИП 5 штук с соответствующим сокращением количества электропитающих кабелей.
- Исключение группы оборудования приготовления и подачи раствора аммиака обусловлено тем, что при переходе на водородно-калиевый ВХР первого контура с дозированием газообразного водорода, отсутствует необходимость дозирования аммиака, что позволило минимизировать состав оборудования системы КРЈ.



ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ КРЈ ПО СРАВНЕНИЮ С НВАЭС-2:

Из 25 единиц оборудования 14 относится к насосам.

- На 50 % меньше оборудования;
- На 80% меньше кабелей (насосы влекут основные энергозатраты);
- Надежность;
- Повышение конкурентных качеств системы;
- Дешевизна;
- Простота;
- Увеличение срока службы;
- Уменьшение кратности обслуживания.



ПРЕИМУЩЕСТВА ВОДОРОДНО-КАЛИЕВОГО ВХР ПО СРАВНЕНИЮ С АММИАЧНО-КАЛИЕВЫМ.

- Позволяет быстро установить необходимую концентрацию водорода в теплоносителе, т.к. **дозировается непосредственно водород.**
- установления необходимой концентрации водорода, **Отсутствует продолжительный временной интервал** который имеет место при аммиачно-калиевом ВХР за счет радиолитического разложения аммиака. Данное обстоятельство облегчает эксплуатацию АЭС при работе в маневренных режимах.
- Отпадает необходимость контроля массовой концентрации аммиака в теплоносителе первого контура, сокращается дозовая нагрузка на персонал химического цеха и общее количество выполняемых измерений.
- За счет отсутствия образования радиолитического азота отпадает необходимость его утилизации, значительно уменьшается суммарный объём газовых сдувок.
- Исчезают затраты на ежегодные поставки 25% раствора аммиака.
- Ежегодные эксплуатационные затраты на переработку образующихся при ведении штатного аммиачно-калийного водно-химического режима жидких аммиак-содержащих радиоактивных отходов.



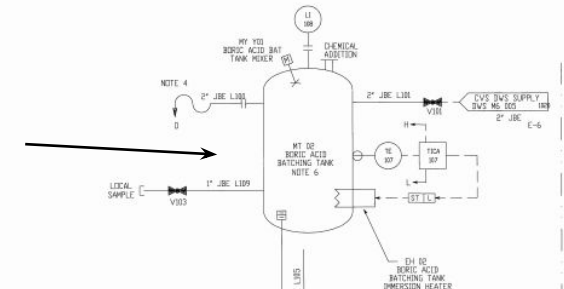
КОНКУРЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

В проекте AP-1000 функции системы КРЖ ВВЭР-ТОИ выполняет «Система химического и объемного контроля» Chemical and Volume Control System .

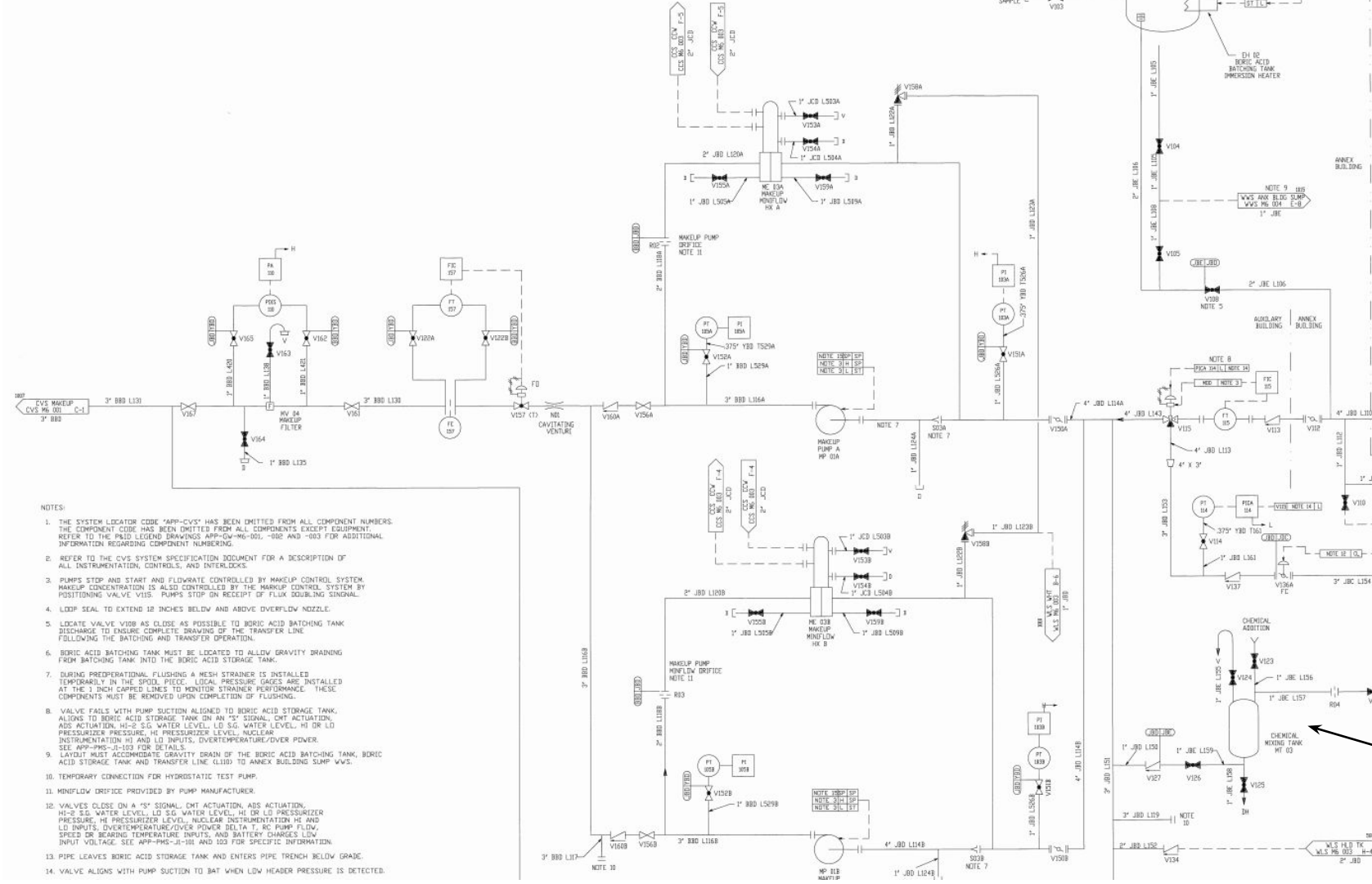
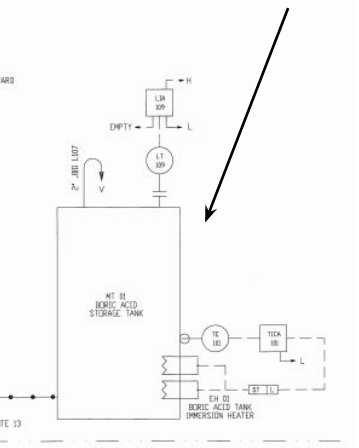
Основное отличие заключается в использовании гидроксид лития для поддержания pH, в отличие ВВЭР-ТОИ, где используются едкий кали и едкий натр. Приготовление и подача хим. реагентов (гидроксид лития, цинк, связыватель кислорода) в проекте AP-1000 осуществляются из одного бака.



Бак приготовления борного раствора

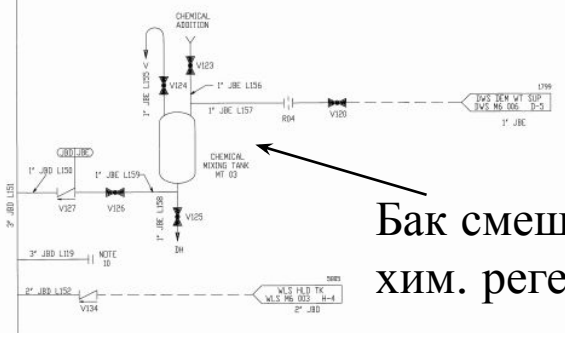


Расходный бак борного раствора



- NOTES:
1. THE SYSTEM LOCATOR CODE "APP-CVS" HAS BEEN OMITTED FROM ALL COMPONENT NUMBERS. THE COMPONENT CODE HAS BEEN OMITTED FROM ALL COMPONENTS EXCEPT EQUIPMENT. REFER TO THE P&ID LEGEND DRAWINGS APP-04-M6-001, -002 AND -003 FOR ADDITIONAL INFORMATION REGARDING COMPONENT NUMBERING.
 2. REFER TO THE CVS SYSTEM SPECIFICATION DOCUMENT FOR A DESCRIPTION OF ALL INSTRUMENTATION, CONTROLS, AND INTERLOCKS.
 3. PUMPS STOP AND START AND FLOWRATE CONTROLLED BY MAKEUP CONTROL SYSTEM. MAKEUP CONCENTRATION IS ALSO CONTROLLED BY THE MAKEUP CONTROL SYSTEM BY POSITIONING VALVE V115. PUMPS STOP ON RECEIPT OF FLUX DOUBLING SIGNAL.
 4. LOOP SEAL TO EXTEND 12 INCHES BELOW AND ABOVE OVERFLOW NOZZLE.
 5. LOCATE VALVE V108 AS CLOSE AS POSSIBLE TO BORIC ACID BATCHING TANK DISCHARGE TO ENSURE COMPLETE DRAINING OF THE TRANSFER LINE FOLLOWING THE BATCHING AND TRANSFER OPERATION.
 6. BORIC ACID BATCHING TANK MUST BE LOCATED TO ALLOW GRAVITY DRAINING FROM BATCHING TANK INTO THE BORIC ACID STORAGE TANK.
 7. DURING PREOPERATIONAL FLUSHING A MESH STRAINER IS INSTALLED TEMPORARILY IN THE SPOOL PIECE. LOCAL PRESSURE GAGES ARE INSTALLED AT THE 1 INCH CAPPED LINES TO MONITOR STRAINER PERFORMANCE. THESE COMPONENTS MUST BE REMOVED UPON COMPLETION OF FLUSHING.
 8. VALVE FAILS WITH PUMP SUCTION ALIGNED TO BORIC ACID STORAGE TANK. ALONG TO BORIC ACID STORAGE TANK ON AN "S" SIGNAL, CMT ACTUATION, ADS ACTUATION, HI-2 S.G. WATER LEVEL, LD S.G. WATER LEVEL, HI DR LD PRESSURIZER PRESSURE, HI PRESSURIZER LEVEL, NUCLEAR INSTRUMENTATION HI AND LD INPUTS, OVERTEMPERATURE/OVER POWER.
 9. LAYOUT MUST ACCOMMODATE GRAVITY DRAIN OF THE BORIC ACID BATCHING TANK, BORIC ACID STORAGE TANK AND TRANSFER LINE (L110) TO ANNEX BUILDING SLUMP WWS.
 10. TEMPORARY CONNECTION FOR HYDROSTATIC TEST PUMP.
 11. MINIFLOW DRIFICE PROVIDED BY PUMP MANUFACTURER.
 12. VALVES CLOSE ON A "S" SIGNAL, CMT ACTUATION, ADS ACTUATION, HI-2 S.G. WATER LEVEL, LD S.G. WATER LEVEL, HI DR LD PRESSURIZER PRESSURE, HI PRESSURIZER LEVEL, NUCLEAR INSTRUMENTATION HI AND LD INPUTS, OVERTEMPERATURE/OVER POWER DELTA T, RC PUMP FLOW, SPEED OR BEARING TEMPERATURE INPUTS, AND BATTERY CHARGES LOW INPUT VOLTAGE. SEE APP-PMS-JI-101 AND 103 FOR SPECIFIC INFORMATION.
 13. PIPE LEAVES BORIC ACID STORAGE TANK AND ENTERS PIPE TRENCH BELOW GRADE.
 14. VALVE ALIGNS WITH PUMP SUCTION TO BAT WHEN LOW HEADER PRESSURE IS DETECTED.

Бак смешения хим. регентов



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Система должна обеспечивать приём, приготовление и подачу потребителям следующих химических реагентов рабочих концентраций:

- раствор борной кислоты от 16 до 44,5 г/дм³ подается в системы ФАК, КВВ, КВС40-60, JND10-40, FAL, KBF, KWC;
- раствор едкого кали от 3 до 5 % подается в системы КВЕ50-60, КВН, КВФ, КВД, ФАК и 45 % подается в систему FKT10-70;
- раствор азотной кислоты 5 % подается в системы КВФ, КВН, LCQ50-80,
- KPF10-60, КВЕ50-60, и 65 % подается в систему FKT10-70;
- раствор едкого натра 4 % подается в системы KPF10-60, КВФ и 42 % подается в систему FKT10-70;
- раствор гидразин-гидрата 3 % подается в системы КВД, ФАК, LFG. Производительность выпарной установки по исходной боросодержащей воде составляет 6 т/ч, выбрана исходя из условия обеспечения переработки максимального суммарного объема контурных вод, образующихся во всех режимах эксплуатации энергоблока, с учетом неравномерности поступления теплоносителя в баки системы КВВ.

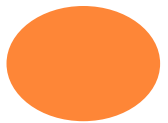
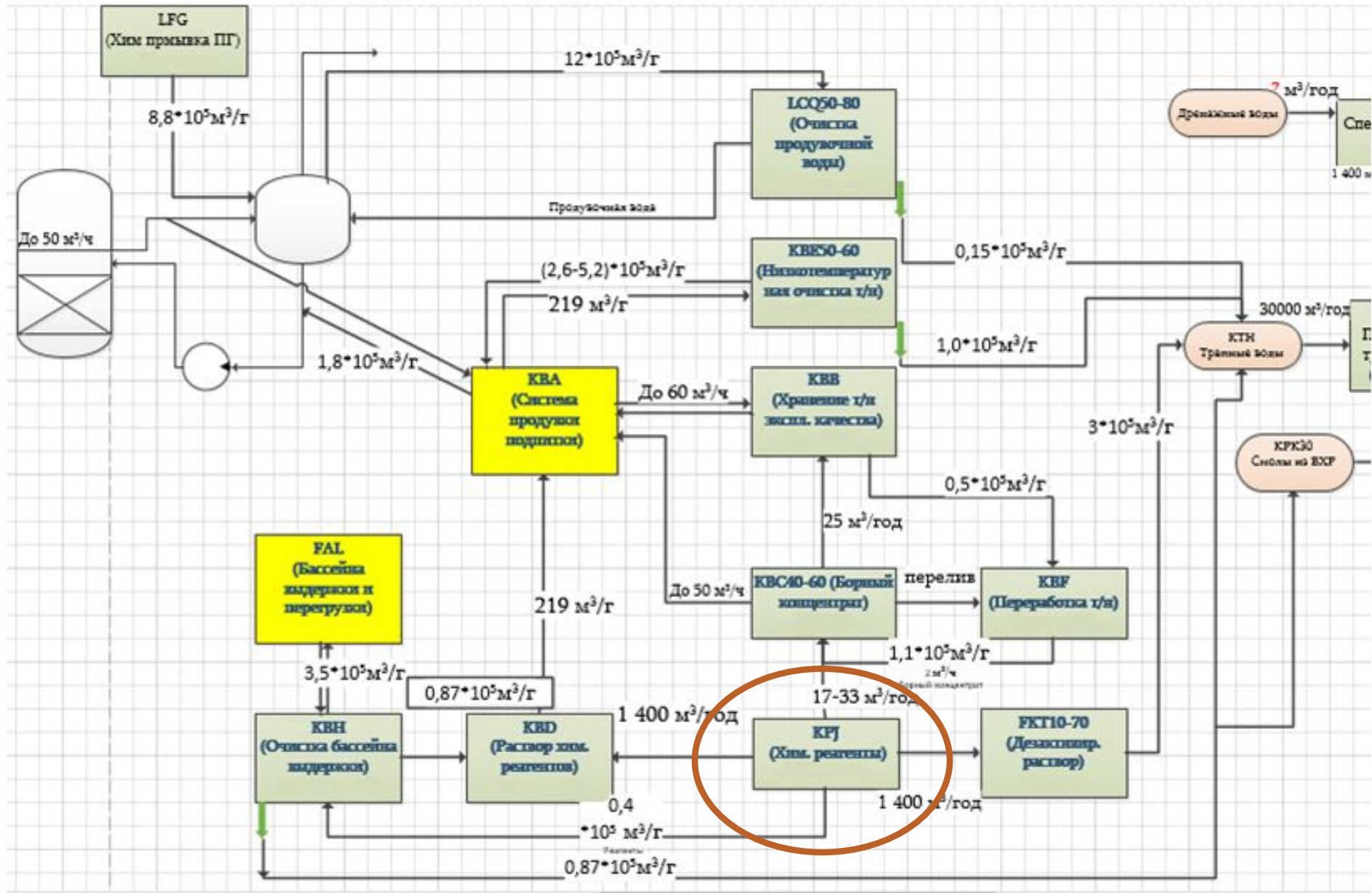


Системы, связанные с системой КРЖ

- FAL – система подачи вод бассейна выдержки на очистку;
- FAK - система трубопроводов бассейна выдержки и шахт ТТО;
- FKT10-70 – система приготовления и подачи дезактивирующих растворов;
- JND10-40 – система аварийного впрыска высокого давления;
- KBB – система хранения теплоносителя эксплуатационного качества;
- KBC40-60 – система борного концентрата;
- KBD – система подачи реагентов в теплоноситель первого контура;
- KBE50-60 – система низкотемпературной очистки теплоносителя;
- KBF – система переработки теплоносителя;
- KBH – система очистки вод бассейна выдержки и перегрузки;
- KPF10-60 – система переработки трапных вод;
- KWC – система гидроиспытаний и продувки датчиков КИП боросодержащей водой;
- LCQ50-80 – система очистки продувочной воды парогенераторов;
- QCB – система приема и приготовления азотной кислоты;
- QCD – система приема и приготовления едкого натра;
- QCE – система приема и приготовления гидразина.



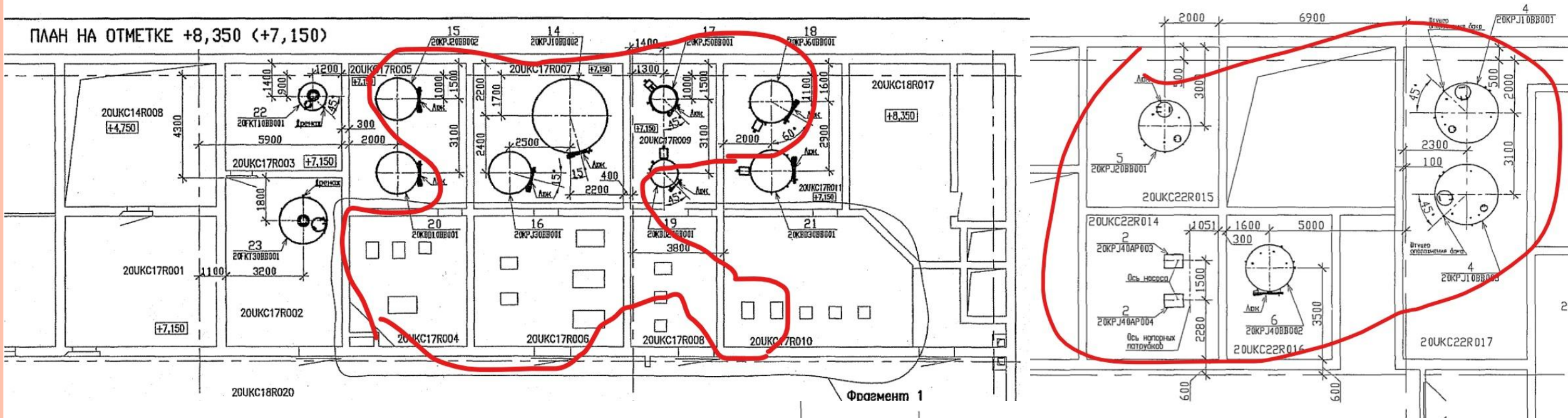
Положение и связи системы КРЈ в системе обеспечения ВХР



МЕСТО РАЗМЕЩЕНИЯ СИСТЕМЫ КРЖ

Оборудование системы КРЖ расположено на третьем и четвертом этажах спец. корпуса. Занимаемые системой площадь - 28 м², объем - 70 м³

ПЛАН НА ОТМЕТКЕ +11,950



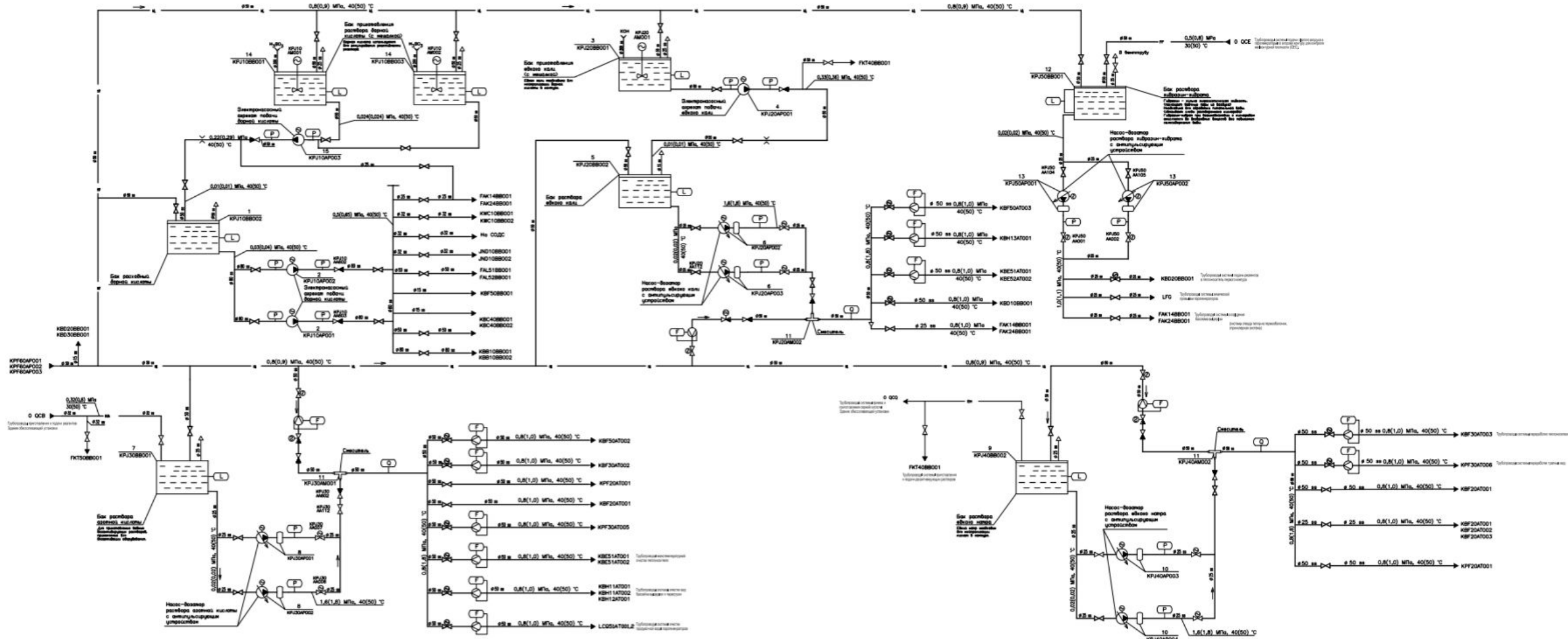
ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КРЖ

В составе системы КРЖ предусматривается несколько групп оборудования.

- Группа приготовления и подачи раствора борной кислоты.
- Группа приготовления и подачи раствора едкого кали.
- Группа приготовления и подачи раствора азотной кислоты.
- Группа приготовления и подачи раствора едкого натра.
- Группа приготовления и подачи раствора гидразин-гидрата.



СХЕМА СИСТЕМЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ПОДАЧИ РЕАГЕНТОВ КРЖ



ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЧАСТЬ 1

Наименование	Маркировка по схеме	Количество раб/рез	Основные технические характеристики оборудования	Стоимость оборудования	Завод-изготовитель
Бак приготовления раствора борной кислоты с мешалкой	KPJ10BV001, KPJ10BV003	1/1	Объём, м ³ – 10.	152 000,00	АО «НГМЗ» РФ
Бак расходный борной кислоты	KPJ10BV002	1/-	Объём, м ³ – 25.	239 600,00	АО «НГМЗ» РФ
Электронасосный агрегат подачи борной кислоты	KPJ10AP001, KPJ10AP002	1/1	Подача, м ³ /ч – от 17 до 33. Напор, м – от 54 до 41 Тип - центробежный	13 800,00	АО «НГМЗ» РФ
Электронасосный агрегат подачи борной кислоты	KPJ10AP003	1/-	Тип - центробежный Подача, м ³ /ч – от 6,5 до 17,5. Напор, м – от 23 до 16,7.	8 700,00	АО «НГМЗ» РФ
Бак приготовления едкого кали с мешалкой	KPJ20BV001	1/-	Объём, м ³ – 5.	49 900,00	АО «НГМЗ» РФ
Электронасосный агрегат подачи едкого кали	KPJ20AP001	1/-	Тип - центробежный Подача, м ³ /ч – от 7,5 до 17,5. Напор, м – от 33 до 30.	10 300,00	АО «НГМЗ» РФ
Бак раствора едкого кали	KPJ20BV002	1/-	Объём, м ³ – 4.	75 900,00	АО «НГМЗ» РФ



ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ЧАСТЬ 2

Наименование	Маркировка по схеме	Количество раб/рез	Основные технические характеристики оборудования	Стоимость оборудования	Завод-изготовитель
Насос-дозатор раствора едкого кали с антипульсирующим устройством	KPJ20AP002, KPJ20AP003	1/1	Тип - дозировочный плунжерный Подача, м ³ /ч – 1,6. Давление, МПа – 1,6.	15 800,00	АО «НГМЗ» РФ
Бак раствора азотной кислоты	KPJ30BV001	1/-	Объём, м ³ – 4.	75 900,00	АО «НГМЗ» РФ
Насос-дозатор раствора азотной кислоты с антипульсирующим устройством	KPJ30AP001, KPJ30AP002	1/1	Тип - дозировочный плунжерный Подача, м ³ /ч – 1,6. Давление, МПа – 1,6.	15 800,00	АО «НГМЗ» РФ
Бак раствора едкого натра	KPJ40BV002	1/-	Объём, м ³ – 4.	75 900,00	АО «НГМЗ» РФ
Насос-дозатор раствора едкого натра с антипульсирующим устройством	KPJ40AP003, KPJ40AP004	1/1	Тип - дозировочный плунжерный Подача, м ³ /ч – 1,6. Давление, МПа – 1,6.	15 800,00	АО «НГМЗ» РФ
Смеситель	KPJ20AM002, KPJ30AM001, KPJ40AM002	1/-		5 300,00	АО «НГМЗ» РФ
Бак раствора гидразин-гидрата	KPJ50BV001	1/-	Объём, м ³ – 1,6.	35 800,00	АО «НГМЗ» РФ
Насос-дозатор раствора гидразин-гидрата с антипульсирующим устройством	KPJ50AP001, KPJ50AP002	1/1	Тип - дозировочный плунжерный Подача, м ³ /ч – 2,5. Давление, МПа – 1,0.	17 800,00	АО «НГМЗ» РФ

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КРЖ

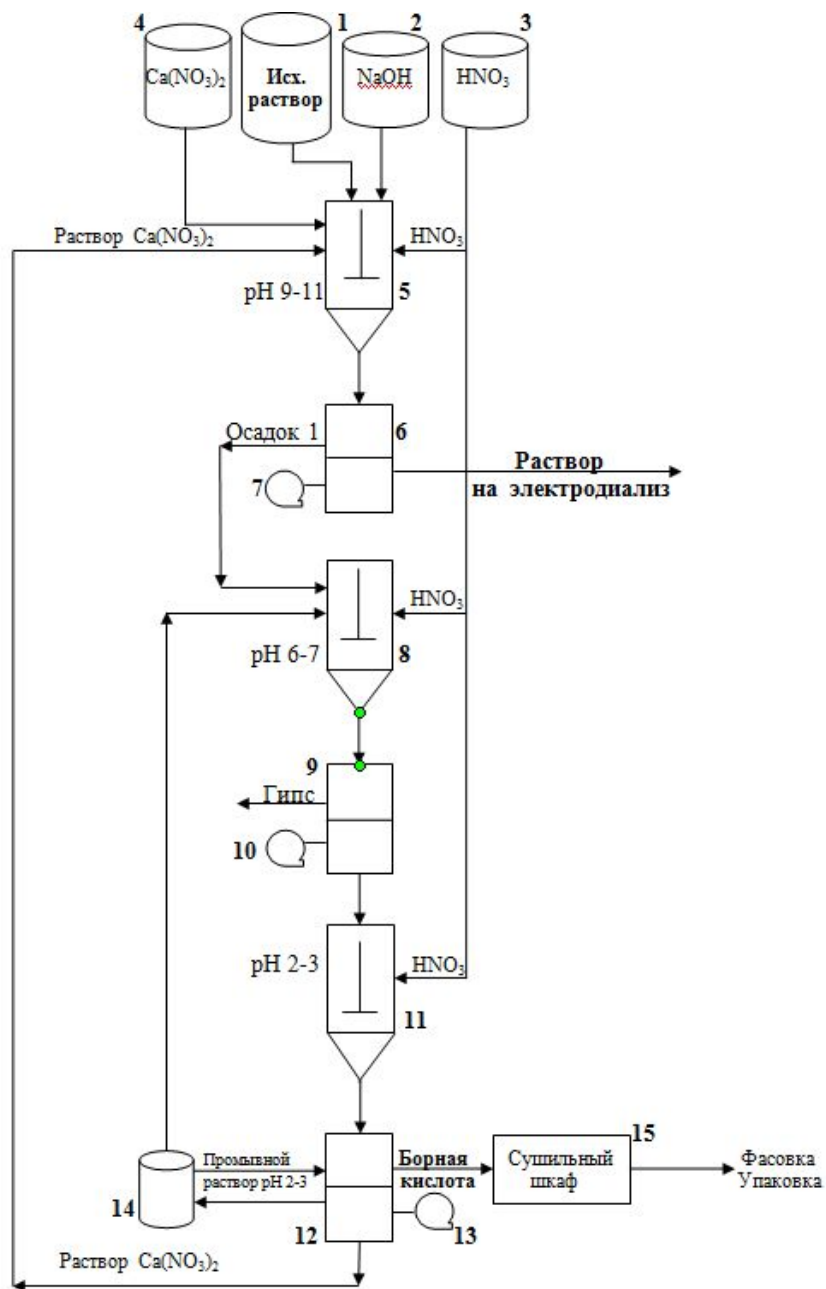
Предлагаемая модернизация системы КРЖ заключается в следующем:

Повторное использование борной и азотной кислот, гидроксида натрия, полученных из системы рециклинга. Система рециклинга внедряется в систему переработки ЖРО и состоит из:

- установки регенерации борной кислоты при переработке высокосолевых боратно-нитратных растворов;
- установки электромембранной рекуперации кислот и щелочей из высокосолевых растворов после извлечения соединений бора.

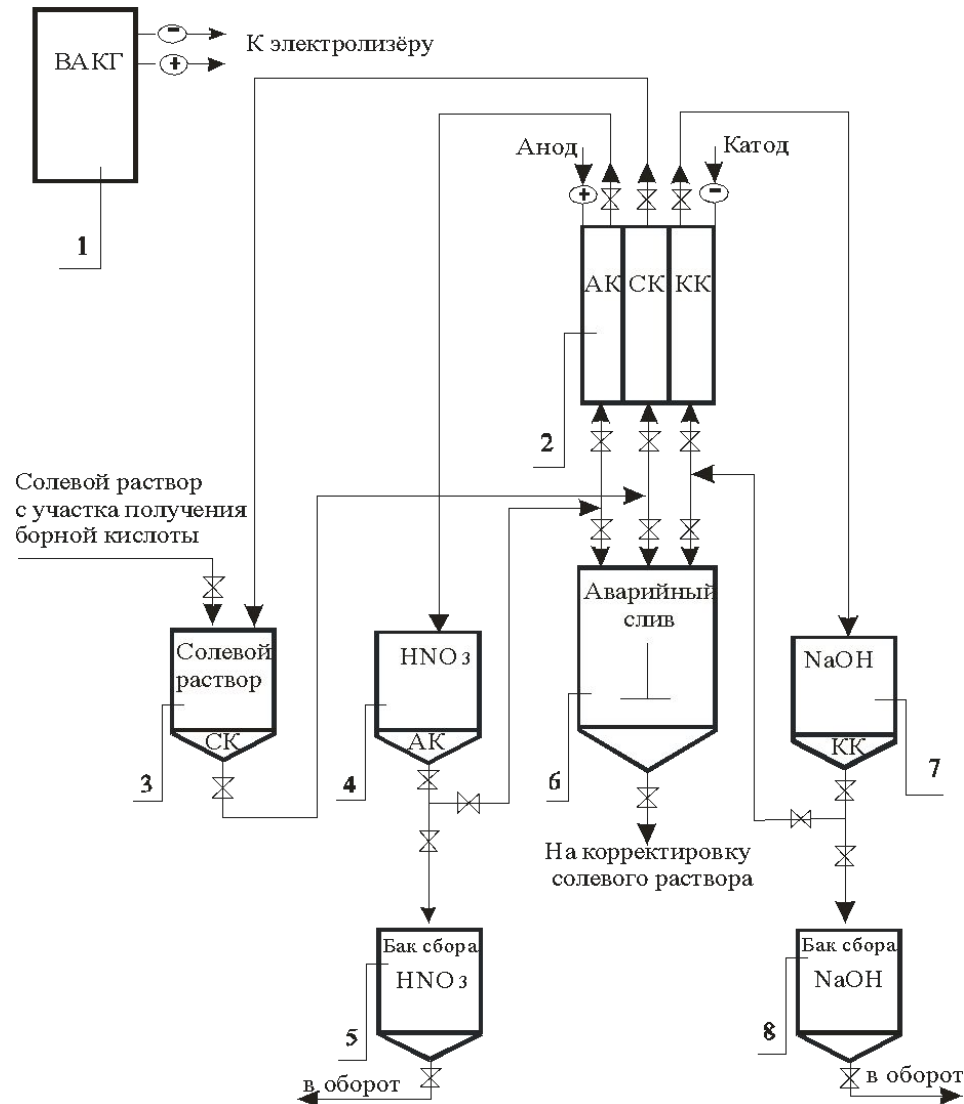


СХЕМА УСТАНОВКИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ БОРА



№ поз.	Наименование оборудования	Кол
1	Емкость для исходного раствора ($V_{\text{общ.}} = 6,3 \text{ м}^3$)	3
2	Емкость для корректировки pH осаждения боратов и сульфата кальция ($V_{\text{общ.}} = 0,2 \text{ м}^3$)	1
3	Емкость для корректировки pH осаждения боратов и сульфата кальция ($V_{\text{общ.}} = 0,2 \text{ м}^3$)	1
4	Емкость для раствора осадителя (раствор нитрата кальция) ($V_{\text{общ.}} = 0,2 \text{ м}^3$)	1
5	Реактор с мешалкой для осаждения боратов и сульфата кальция ($V_{\text{общ.}} = 0,7 \text{ м}^3$)	1
6	Фильтр для отделения осадка боратов от раствора нитратов щелочных металлов (фильтр. поверхность $0,57 \text{ м}^2$, сум. фильтрующая поверхность $1,5 \text{ м}^2$, скорость фильтрации $330 \text{ л/м}^2 \cdot \text{ч}$).	3
7	Насос для фильтрации (остаточное давление $50 \text{ мм.рт.ст.} = 65,8 \cdot 10^{-3} \text{ атм.}$, скорость фильтрации - $330 \text{ л/м}^2 \cdot \text{ч}$, размер пор фильтровального материала - $3-5 \text{ мкм}$).	1
8	Реактор с мешалкой для растворения боратов и отделения сульфата кальция ($V_{\text{общ.}} = 0,3 \text{ м}^3$)	1
9	Фильтр для отделения осадка сульфата кальция от боратного раствора (сум. фильтрующая поверхность $0,44 \text{ м}^2$, скорость фильтрации $690 \text{ л/м}^2 \cdot \text{ч}$).	1
10	Насос для фильтрации (остаточное давление $50 \text{ мм.рт.ст.} = 65,8 \cdot 10^{-3} \text{ атм.}$, скорость фильтрации - $690 \text{ л/м}^2 \cdot \text{ч}$, размер пор фильтровального материала - $3-5 \text{ мкм}$).	1
11	Реактор с мешалкой для осаждения борной кислоты, $V_{\text{общ.}} = 0,3 \text{ м}^3$)	1
12	Фильтр для отделения осадка борной кислоты от нитратного раствора кальция и отмывки борной кислоты от примесей (сум. фильтрующая поверхность $0,44 \text{ м}^2$, скорость фильтрации $690 \text{ л/м}^2 \cdot \text{ч}$)	1
13	Насос для фильтрации (остаточное давление $50 \text{ мм.рт.ст.} = 65,8 \cdot 10^{-3} \text{ атм.}$, скорость фильтрации - $690 \text{ л/м}^2 \cdot \text{ч}$, размер пор фильтровального материала - $3-5 \text{ мкм}$)	1
14	Емкость для промывного раствора ($V_{\text{общ.}} = 100 \text{ л}$)	1
15	Сушильный шкаф ($V_{\text{общ.}} = 50-100 \text{ л}$)	1

СХЕМА УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОЙ РЕКУПЕРАЦИИ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ ИЗ ВЫСОКОСОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ ПОСЛЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ БОРА

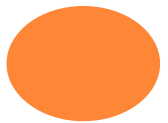


Аппаратурная схема содержит основное оборудование:

- 1- источник постоянного тока,
- 2 – трехкамерный мембранный электролизер (электродиализатор),
- 3 – бак солевого раствора в системе циркуляции с СК электролизера,
- 4 – бак в системе циркуляции анолита (кислоты) с АК электролизера,
- 5 – бак-сборник кислоты,
- 6 – реактор-сборник аварийного слива из всех камер электролизера,
- 7 – бак в системе циркуляции католита (щелочи) с КК электролизера,
- 8 – бак-сборник щелочи.

Производительность (по входному солевому раствору) - 500 л/ч

В периодическом режиме процесса при достижении заданных значений концентраций кислоты и щелочи соответствующие растворы могут быть слиты в баки-сборники ($V_{\text{общ.}} = 1-1,2 \text{ м}^3$) кислоты (300-400 г/л) и щелочи (1-400 г/л)



ТРЕБОВАНИЯ К РАСТВОРАМ ПОСЛЕ РЕКУПЕРАЦИИ:

Характеристики гидроксида натрия

Наименование показателей	ГОСТ 4328-77
1. Массовая доля гидроксида натрия (NaOH), %, не менее	98
2. Массовая доля углекислого натрия (Na ₂ CO ₃), %, не более	1,0
3. Массовая доля общего азота, %, не более	0,0005
4. Массовая доля кремниевой кислоты, %, не более	0,002
5. Массовая доля сульфатов (SO ₄ ⁻), %, не более	0,0050
6. Массовая доля хлоридов (Cl ⁻), %, не более	0,0050
7. Массовая доля фосфатов (PO ₄ ⁻), %, не более	0,0030
8. Массовая доля алюминия (Al), %, не более	0,0010
9. Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,0010
10. Массовая доля кальция и магния (Ca,Mg), %, не более	0,024
11. Массовая доля калия (K), %, не более	Не нормируется
12. Массовая доля тяжелых металлов, %, не более	0,00100
13. Массовая доля мышьяка(As), %, не более	Не нормируется

Характеристики азотной кислоты

Наименование показателей	ГОСТ 4461-77
Массовая доля азотной кислоты (HNO ₃), %, не менее концентрированной разбавленной	65 (56)
Массовая доля остатка после прокалывания в виде сульфатов, %, не более	0,0005 (0,001)
Массовая доля сульфатов (SO ₄ ⁻), %, не более	0,0001
Массовая доля фосфатов(PO ₄ ⁻), %, не более	0,00002
Массовая доля сульфатов (SO ₄ ⁻), %, не более	0,0050
Массовая доля хлоридов(Cl ⁻), %, не более	0,00003
Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,00002
Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,0000010
Массовая доля тяжелых металлов (Pb), %, не более	0,00002



ТРЕБОВАНИЯ К РАСТВОРАМ ПОСЛЕ РЕКУПЕРАЦИИ:

Характеристики борной кислоты марки А (файл от Бориса)

Наименование показателя	ГОСТ 9656-75
1. Внешний вид	Мелкий кристаллический сыпучий порошок белого цвета
2. Массовая доля борной кислоты (H_3BO_3), %, не менее	99,9
3. Массовая доля хлоридов (Cl), %, не более	0,0001
4. Массовая доля сульфатов (SO_4), %, не более	0,0005
5. Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,0002
6. Массовая доля тяжелых металлов (Pb), %, не более	0,0005
7. Массовая доля остатка, не растворимого в воде, %, не более	Должна выдерживать испытание по п.4.8
8. Массовая доля кальция (Ca), %, не более	0,001
9. Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,0001
10. Массовая доля фосфатов (PO_4), %, не более	0,001
11. Массовая доля остатка, нелетучего при обработке этиловым спиртом, %, не более	0,05
12. Остаток на сите с сеткой по ГОСТ 6613-86 , %:	Не нормируется
13. Массовая доля красящих примесей, %	Не нормируется

Характеристики борной кислоты

Наименование показателя	ГОСТ 9656-75
1. Массовая доля борной кислоты (H_3BO_3), %, не менее	99,8
2. Оптическая плотность 4 %-ного спиртового раствора препарата, не более	0,01
3. Массовая доля веществ, нелетучих при обработке этанолом, %, не более	0,05
4. Массовая доля нерастворимых в воде веществ, %, не более	0,005
5. Массовая доля сульфатов (SO_4), %, не более	0,0005
6. Массовая доля фосфатов(PO_4), %, не более	0,0003
7. Массовая доля хлоридов(Cl), %, не более	0,0001
8. Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,0001
9. Массовая доля кальция (Ca), %, не более	0,002
10. Массовая доля магния (Mg), %, не более	0,0005
11. Массовая доля мышьяка(As), %, не более	0,00005
12. Массовая доля тяжелых металлов, %, не более	0,0003

