

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ А.И. Матюшенко

подпись      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

20.03.02 Природообустройство и водопользование

Тема: «Водоснабжение и водоотведение завода по производству  
пенополиуретана»

Руководитель	_____	доцент, к.т.н	Т.Я. Пазенко
	подпись, дата		
Выпускник	_____		К.С. Попова
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____	доцент, к.т.н.	Т.Я. Пазенко
	подпись, дата		

Красноярск 2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Водоснабжения и водоотведения завода по производству пенополиуретана» содержит 77 страниц текстового документа, 23 использованных источников и 6 листов графического материала.

ЗАВОД, РАСХОД, МЕХАНИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ, ЗАГРУЗКА, НАСОСЫ, ВОДОПОДГОТОВКА, ВОДОЗАБОР, РАДИАЛЬНЫЙ ОТСТОЙНИК, ДЕГАЗАТОР, ГРАДИРНЯ, БЕЗВОЗВРАТНЫЕ ПОТЕРИ.

Объект – завод по производству пенополиуретана.

Цели работы:

- оценка возможности применения оборотной системы водоснабжения завода.
- проектирование системы водоснабжения завода;
- разработка системы подготовки воды для машины вспенивания;
- подбор насосного оборудования.

В результате проведенных расчётов была выбрана смешанная система водоснабжения, рассчитан и выбран тип водозабора, а также выбран метод подготовки воды для производственных целей и сделан расчёт очистных сооружений, определены безвозвратные потери воды, сделан расчёт циркуляционных насосных станций и подобрано оборудование.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	6
1 Общие сведения об объекте водоснабжения .....	7
1.1 Характеристика района строительства водозабора .....	7
1.2 Характеристика источника водоснабжения .....	8
1.3 Данные о предприятии .....	9
1.4 Характеристика промышленного предприятия .....	9
2 Расчетно–технологический раздел .....	12
2.1 Определение расчетных расходов воды на нужды промышленного предприятия .....	12
2.2 Расходы воды на коммунальные нужды промышленного предприятия .....	12
2.3 Режим водопотребления в течение суток .....	13
3 Расчет водозаборных сооружений и их проектирование .....	16
3.1 Выбор типа водозаборного сооружения .....	16
3.2 Гидравлические расчеты водозабора .....	16
3.2.1 Расчет производительности одной камеры водоприемного колодца .....	16
3.3 Расчет сорозадерживающего оборудования .....	17
3.3.1 Расчетные параметры сорозадерживающих решеток .....	17
3.3.2 Расчетные параметры сорозадерживающих сеток .....	19
3.4 Расчет самотечных водоводов и трубопроводов НС I .....	20
3.5 Расчетные параметры русловых колодцев .....	22
3.5.1 Определение отметок уровней воды и отдельных конструкций в водоприемной камере .....	22
3.5.2 Определение отметок уровней воды и конструкций во всасывающей камере .....	24
3.6 Выбор типа очистки водоводов .....	24
4. Расчет и проектирование насосных станций .....	25

4.1 Насосная станция I подъема .....	25
4.1.1 Определение требуемого напора насосов станции I-го подъема.....	25
4.1.2 Подбор насосов.....	27
4.1.3 Определение отметки оси насоса .....	28
4.1.4 Основное и вспомогательное оборудование водозаборов .....	29
5. Циркуляционная насосная станция .....	29
5.1. Определение уровней воды в РЧВ .....	29
5.2 Расчет диаметров всасывающих и напорных трубопроводов .....	32
5.3 Определение требуемого напора насосов .....	33
5.4 Подбор насосов.....	35
5.5 Определение отметки оси насоса .....	35
6 Расчет сооружений производственного назначения. ....	37
6.1 Система водоснабжения первого, второго и третьего потребителя .....	37
6.2 Расчет сверхскоростной фильтровальной станции ССФС1.1.....	38
6.3 Расчет резервуара Р1.1 .....	39
6.4 Расчет радиального отстойника.....	40
6.5 Расчет и проектирование насосной станции НС1,НС2, НС3 .....	42
6.6 Расчет и проектирование насосной станции НС1.2 .....	44
6.7 Стабилизационная обработка воды .....	45
6.8 Расчет резервуара Р2.1 .....	47
6.9 Расчет резервуара Р1.Р2.Р3 .....	47
6.10 Система водоснабжения третьего потребителя .....	48
6.10.1 Расчет резервуара Р3.1 .....	48
6.10.2 Расчет и проектирование насосной станции НС3.1 .....	48
6.10.3 Расчет и проектирование насосной станции НС3.2.....	49
6.11 Расчет охладителя .....	50
6.12 Определение безвозвратных потерь.....	51
6.13 Система водоснабжения четвертого потребит .....	52
6.14 Расчет катионитовых фильтров.....	53
6.15 Расчет анионитовых фильтров .....	55

6.16	Определение расходов частично обессоленной воды на собственные нужды установки .....	56
6.17	Расчет регенерационного хозяйства ионитовой установки .....	58
6.18	Расчет дегазатора.....	62
6.19	Расчет резервуара Р5.1 .....	63
6.20	Расчет и проектирование насосной станции НС5.1 .....	64
6.21	Расчет и проектирование насосной станции НС5.2 .....	65
7.	Расчет экономических показателей.....	65
7.1	Эксплуатационные расходы и себестоимость продукции систем водоснабжения .....	65
7.1.1	Амортизационные отчисления .....	66
7.1.2	Затраты на электроэнергию, расходуемые на производственные нужды.....	67
7.1.3	Затраты на все виды ремонтов.....	68
7.1.4	Затраты на реагенты и материалы .....	68
7.1.5	Затраты на заработную плату производственных рабочих.....	69
7.1.6	Страховые взносы.....	70
7.1.7	Затраты на цеховые и общеэксплуатационные расходы.....	70
7.1.8	Затраты на топливо и тепловую энергию.....	70
7.1.9	Прочие производственные расходы .....	71
	Заключение .....	73
	Список использованных источников .....	74
	Приложение А Локальный сметный расчет установки водоочистного оборудования.....	77

## **ВВЕДЕНИЕ**

Промышленные предприятия расходуют воду на хозяйственно-питьевые нужды, поливку территорий и огромное количество на технические нужды.

Расход воды на производственное водопотребление является основным как по количеству потребляемой воды, так и по роли воды в обеспечении основных технологических процессов.

Вода используется в производстве для разнообразных целей, таких, как охлаждения оборудования и продукта, промывки продукции, получение технологических растворов, газоочистки гидротранспорт, парообразование и др.

Требование к качеству воды, которые используются в промышленности зависит от принятой технологии и предопределяет многообразие возможных вариантов решения систем водного хозяйства предприятия.

Основные задачи в области промышленного водоснабжения связаны с рациональным использованием водных ресурсов, а также с увеличением эффективности работы систем водного хозяйства предприятия и ее экологической безопасности.

## **1 Общие сведения об объекте водоснабжения**

### **1.1 Характеристика района строительства водозабора**

Физико–географические особенности района строительства: левый берег реки в районе населенного пункта. Предприятие расположено у подножий острогов Восточных Саян в долине реки на пересечении ее с Восточно–Сибирской железнодорожной магистралью.

Климат. Основные черты климата определяются следующими факторами: своеобразной циркуляцией воздуха, обусловленной расположением территории в центральной части Евразийского материка, влиянием Северного ледовитого океана и его морей, характером рельефа.

Климат района резко – континентальный, с суровой зимой и жарким летом. Зима холодная и начинается с ноября, продолжается до марта. Температура воздуха достигает зимой до – 40°С. Наиболее теплое время июль месяц, температура достигает до +45°С.

Влажность воздуха – один из элементов режима увлажнения территории. Относительная влажность воздуха, характеризующая степень насыщения воздуха водяным паром, меняется в течении суток и года в широких пределах.

Преобладающим направлением ветров является ветра северо-восточного направления.

Осадки. Годовой ход осадков характеризуется относительно сухой зимой и резко выраженным осенним максимумом. Летом выпадает наибольшее количество осадков за год, зимой – наименьшее.

Глубина промерзания грунтов 2,6 метра.

Завод с юга ограничен перепадом рельефа более 20%, с запада – транзитной грузовой магистралью, с востока – лесной зоной, с юга-запада – очистными сооружениями канализации.

## 1.2 Характеристика источника водоснабжения

Предприятие расположено на левом берегу реки. Ширина реки на этом участке имеет вид ущелья шириной около 500м. В верховьях река носит характер горной реки. Участок, прилегающий к проектируемому предприятию, относится к переходной зоне, где горная река приобретает черты равнинных водостоков. Течение реки на юго-запад.

Русло реки сложено галькой, а у левого берега гравелистым песком. Основное русло реки и притоки в летнее время года сильно зарастают, особенно в прибрежных зонах и у островов. Средняя скорость течения 0,53 м<sup>3</sup>/с. Данный участок реки в целях судоходства не используется. В летне-зимне-осенний межень поддерживаются уровни 118,98÷116,98 м, а в паводок водослив расход пропускает почти без трансформации. Основным источником питания являются воды от таяния снегов в горах и на равнинной части водосбора, в меньшей части дожди, выпадающие в летне-осенний период и грунтовые воды.

Зимний режим реки характеризуется наличием тучи и ее присутствием подо льдом при установлении ледостава и образованием заторов при вскрытии реки. Установлению ледостава предшествует туча со средней продолжительностью 10 дней.

Ледостав устанавливается в среднем 3 ноября и продолжается от 147-195 дней. Средняя мутность воды в реке составляет 118 г/м<sup>3</sup>.

Вода в источнике относится к мало мутным и характеризуется следующими показателями качества воды, которые приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Показатели качества воды в реке

Наименование природных примесей	Показатели качества исходной воды	Нормативы (ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01
Мутность, мг/л	118	1,5
Цветность, град.	42	20
Фтор, мг/л	0,3	1,2
Железо общее, мг/л	0,28	0,3
Хлориды, мг/л	110	350



## Окончание таблицы 1.1

Сульфаты, мг/л	139	500
Медь, мг/л	0,005	1,0
Алюминий, мг/л	0,005	0,5
Фосфаты, мг/л	0,005	3,5
Марганец, мг/л	0,008	0,1
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,1
Цинк, мг/л	0,015	5
Свинец, мг/л	0,02	0,01
Минерализация, мг/л	128	1000
Азот нитритный, мг/л	0,001	3,3
Азот нитратный, мг/л	0,08	45
Азот аммонийный, мг/л	0,15	2
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л	1,5	3
Фенолы	0,001	0,001
СПАВ, мг/л	0,05	0,5

### 1.3 Данные о предприятии

Застройка рабочего сектора создана из групп двухэтажных зданий, оборудованных горячим и холодным водоснабжением, канализацией и центральным отоплением.

Имеется здания промышленного назначения и административного типа. Территория вокруг завода озеленена и заасфальтированы. Основной путь сообщения предприятия с городами – автомобильные дороги, в летний период – речной транспорт по реке, который представлен судами малой грузоподъемности.

### 1.4 Характеристика промышленного предприятия

Промышленное предприятие – производство пенополиуретана:

В производстве пенополиуретана вода расходуется на приготовление растворов и охлаждения рабочей жидкости, также на хозяйственно – питьевые нужды работников, поливку территорий и пожаротушение. Хозяйственно-питьевое водоснабжение предприятия обеспечивается из водопровода населенного пункта. Расходы воды на поливку территории

предприятия определяется исходя из норм расходования воды и площади поливаемых территорий. На поливку может использоваться вода из хозяйственно-питьевого водопровода или из систем производственного водоснабжения, транспортирующих незагрязненную воду.

Расход воды для пожаротушения на предприятии определяются в зависимости от категории производства пожарной опасности, степени огнестойкости и объема зданий. Подача воды на пожаротушения может осуществляться из хозяйственно-питьевого водопровода, из систем производственного водоснабжения, транспортирующих незагрязненную воду и охватывающих всю территорию промышленного предприятия.

Технологическое водоснабжение предприятия осуществляется двумя системами: свежей технической, оборотной фильтровально-обессоленной (которая используется в производстве на охлаждение и обогрев полимеризаторов)

Фильтрованная вода применяется для охлаждения теплообменной аппаратуры, различных насосов, для гидрозатворов аппаратов непрерывной полимеризации, в улавливателях пыли от вакуум–сушилок, для конденсации паров мономеров и летучих растворителей, для охлаждения прядильных шахт и мытья полов. Эта вода относится к третьей категории использования в процессе потребления вода нагревается и загрязняется. Для очистки воды от механических примесей предусмотрены радиальные отстойники. Охлажденная вода используется:

- в производстве ТДИ в количестве  $908\text{м}^3/\text{ч}$  ;
- для приготовления меловой суспензии в количестве  $1200\text{м}^3/\text{ч}$ ;
- в производстве полиола в количестве  $1000\text{м}^3/\text{ч}$ .

Обессоленная вода (общее количество растворенных солей  $1 \dots 1,5$  мг/л) используется для приготовления особо чистых технологических растворов и в качестве активатора процесса полимеризации и относится к пятой

категории водопотребления. Она входит в состав готовой продукции и непосредственно в сток не поступает.

На предприятии принята комбинированная система водоснабжения: оборотно-прямоточная. Из источника вода забирается только на восполнение безвозвратных потерь.

Предприятие работает в одну смену, на предприятии работает 103 человека. Норма расхода воды на выпуск единицы продукции равна 0,819 м<sup>3</sup>.

За смену предприятие выпускает 30056 кг пенополиуретана.

## 2 Расчетно–технологический раздел

### 2.1 Определение расчетных расходов воды на нужды промышленного предприятия

Режим водопотребления предприятиями складывается из режимов потребления соответствующих групп потребителей на нем. Режим расходования воды на технологические нужды зависит от технологии производства и, как правило, задается технологами. Удельный расход воды зависит от характера предприятия, принятой технологической схемы, системы водоснабжения, качества воды, и т.д.

Расход воды на производственные нужды, м<sup>3</sup>/час определяем по формуле

$$Q_{np} = \frac{Q_{\text{тех}}^{\text{сут}}}{1000} = \frac{24861,6}{9} = 2762,4 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (2.1)$$

где  $Q_{np}$  – суточный расход воды на производственные нужды промышленного предприятия равен 24861,6 м<sup>3</sup>/сут.

### 2.2 Расходы воды на коммунальные нужды промышленного предприятия

Среднесуточное потребление воды на поливку определяется в зависимости от покрытия территории, способа полива, вида насаждений, климатических и других местных условий [1СП 31.13330.2012 табл.3].

Расход воды на полив  $Q_{\text{полив}}$ , м<sup>3</sup>/сут, определяем по [1], из расчета на одного рабочего 50л/(чел·сут), по формуле

$$Q_{\text{полив}} = \frac{103 \cdot 50}{1000} = 5,15 \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (2.2)$$

где 103 – количество рабочих на предприятии, чел.

Режим поливочного водопотребления является неслучайным и управляемым. Принимаем 1 поливки в сутки общей продолжительностью 2 ч. Режим поливочного водопотребления принимаю равномерным в течение принятой продолжительности поливки.

### 2.3 Режим водопотребления в течение суток

Вода на технологические нужды расходуется со значительными колебаниями в различные часы суток. Поэтому для гидравлического расчета водопроводной сети и сооружений на ней составляется часовой график водопотребления в течение суток.

Результаты расчета водопотребления по часам суток приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – водопотребление по часам работы предприятия

Часы суток	Технологические нужды,		Поливка улиц и зеленных насаждений	Промышленное предприятие	
	K=1,4 %	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	Всего, м <sup>3</sup>	%
1	2	3	4	5	6
8–9	11	2762,4	2,575	2764,78	11,12
9–10	11	2762,4	2,575	2764,78	11,12
10–11	11	2762,4		2762,4	11,1
11–12	11	2762,4		2762,4	11,1
12–13	11	2762,4		2762,4	11,1
13–14	11	2762,4		2762,4	11,1
14–15	11	2762,4		2762,4	11,1
15–16	11	2762,4		2762,4	11,1
16–17	11,1	2762,4		2762,4	11
Итого	100	24861,6	5,15	24866,75	100

По данным таблицы 2.1 чертим ступенчатый график водопотребления промышленного предприятия по часам суток, рисунок 2.1.

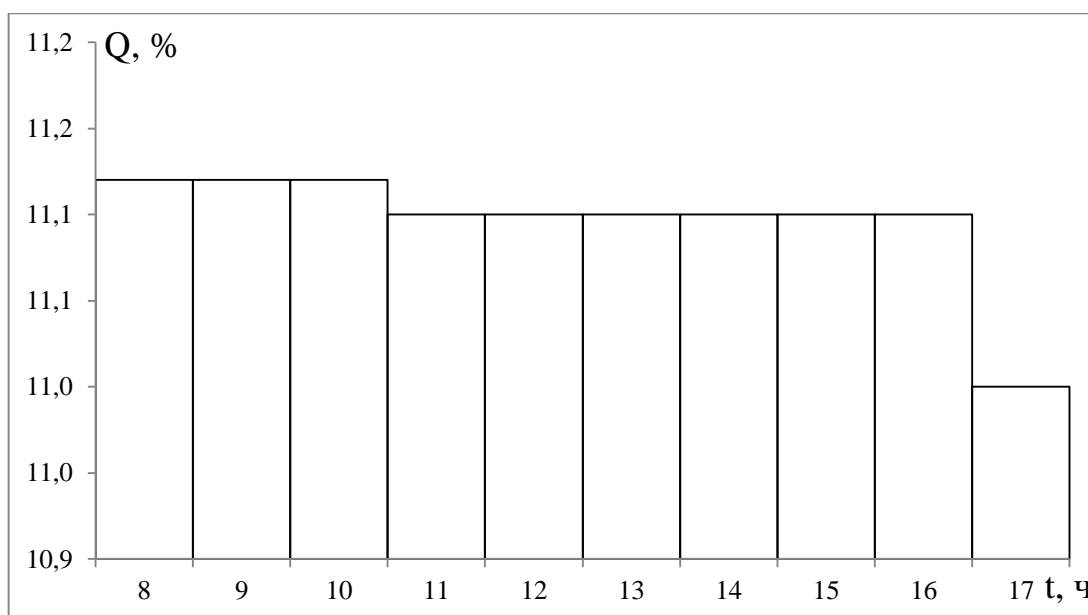


Рисунок 2.1 – График водопотребления завода, подачи воды насосными станциями

Определяем регулируемую емкость бака РЧВ. Расчет емкости бака РЧВ приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчет регулирующей емкости резервуара чистой воды

Часы суток	Подача воды НС-I подъема, %	Подача воды НС-II подъема, %	Поступление воды в РЧВ, %	Расход воды из РЧВ, %	Остаток воды в РЧВ, %
1	2	3	4	5	6
8–9	11,1	4,48		-0,31	1,17
9–10	11,1	4,84		-0,67	0,51
10–11	11,1	4,46		-0,29	0,22
11–12	11,1	4,39		-0,22	0,00
12–13	11,1	3,90	0,27		0,27
13–14	11,1	3,75	0,42		0,69
14–15	11,1	3,90	0,27		0,97
15–16	11,1	3,90	0,27		1,24
16–17	11,1	4,14	0,03		1,27
Итого	100	100,00	4,01	-4,01	

Полный объем резервуаров чистой воды,  $W_{РЧВ}$ , м<sup>3</sup>, определяется по формуле:

$$W_{PЧВ} = W_{рез} + W_{соб.н} , \quad (2.3)$$

где  $W_{рез}$  – регулирующий объем воды в резервуаре;

$W_{соб.н}$  – объем воды на собственные нужды станции.

Объем регулирующей емкости резервуара составляет 2,68 % суточного расхода воды:

$$W_{рез} = \frac{11 \cdot 24866,75}{100} = 2753,3 \text{ м}^3 . \quad (2.4)$$

Объем регулирующей емкости резервуара на собственные нужды станции составляет 5% от  $Q_{сут.макс}$ :

$$W_{соб.н} = 0,05 \cdot Q_{сут.макс} = 0,05 \cdot 24866,75 = 1243,3 \text{ м}^3 . \quad (2.5)$$

Полный объем резервуаров чистой воды :

$$W_{PЧВ} = 2735,3 + 1243,3 = 3978,6 \text{ м}^3 .$$

Принимаем 2 резервуара объемом 2000 м<sup>3</sup> каждый, размером типового резервуара – 24×18×4,8 м.

## **3 Расчет водозаборных сооружений и их проектирование**

### **3.1 Выбор типа водозаборного сооружения**

При выборе типа водозаборного сооружения необходим учет различных факторов, основными из которых являются: нормативная категория надежности подачи воды, характеристика природных условий забора воды, топографические, гидрологические, геологические и гидрогеологические условия площадки строительства, а также характеристик основного насосного оборудования.

Принимаем водозаборное сооружение с русловым водоприемником раздельного типа, с затопленным оголовком и самотечными водоводами, исходя из гидрогеологических условий реки. Оголовок принимаем железобетонный раструбный с боковым приемом воды.

Оголовок забирает воду с небольшими входными скоростями, защищая концы самотечных линий. Раструб имеет съемную решетку, аналогичную решетке во входных окнах водоприемника берегового типа. Самотечная линия расположена по дну реки.

### **3.2 Гидравлические расчеты водозабора**

#### **3.2.1 Расчет производительности одной камеры водоприемного колодца**

Расчетный расход воды, м<sup>3</sup>/с при нормальном режиме работы водозабора для одной секции равен:

$$Q_p = \frac{Q_s}{n_c}, \quad (3.1)$$



где  $n_c$  - число секций водозабора.

$Q_в = Q_{об}$  - расчетный расход воды водозабора,  $м^3/с$ .

$$Q_p = \frac{0,863}{2} = 0,432 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Расчетный расход воды,  $м^3/с$ , в одной секции водозабора для форсированного (аварийного) режима эксплуатации:

$$Q_\phi = K \cdot \frac{Q_в}{n_c - 1}, \quad (3.2)$$

где  $K$  – коэффициент допустимого временного снижения количества воды, подаваемой потребителям, обычно принимается в пределах  $0,7 \div 1,0$ .

$$Q_\phi = 0,7 \cdot \frac{0,863}{2 - 1} = 0,604 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

### 3.3 Расчет сорозадерживающего оборудования

#### 3.3.1 Расчетные параметры сорозадерживающих решеток

Требуемая площадь ( $м^2$ ) водоприемного отверстия одной секции ' $\Omega$ ' - для нормального и ' $\Omega_\phi$ ' – для форсированного режима работы водозабора определяется по формулам

$$\Omega = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot Q_1}{V}, \quad (3.3)$$

где  $K_1$  - коэффициент, учитывающий стеснение воды просветом решетки, он принимается равным  $K_1=1,25$ ;

$K_2$  - расчетный коэффициент, учитывающий стеснение отверстий стержнями собственной конструкции  $K_2=1,2$ ;

$V$  – скорость воды, втекающей в водоприемные отверстия, м/с.

Коэффициент стеснения решетки определяется по формуле:

$$K_2 = \frac{(a + c)}{a}, \quad (3.4)$$

где  $a$  – прозор решетки, принимается (50 – 100 мм);

$c$  – толщина стержней решетки (6 мм).

$$K_2 = \frac{(50 + 10)}{50} = 1,2.$$

Допустимую скорость в прозорах решетки для затопленных водоприемников при средних или тяжелых условиях забора воды, не учитывая требования рыбозащиты принимают равной  $0,3 \div 0,1$  м/с.

$$\Omega = \frac{1,25 \cdot 1,2 \cdot 0,432}{0,3} = 2,16.$$

Принимаем типовую решетку с площадью  $3 \text{ м}^2$ , шириной водоприемных отверстий 1,25 м и длиной 1,5 м. Ширина рамы решетки 1370 мм по наружному обмеру, длина 1580 мм. Общая высота решетки 1830 мм, толщина и ширина стержня из полосовой стали 10x60 мм. Высота уголка (швеллера) рамы решетки 80 мм. Масса решетки 135 кг.

### 3.3.2 Расчетные параметры сорозадерживающих сеток

Вода, поступающая из приемного отделения во всасывающее, проходит через сетки, которые могут быть плоские (подъемные) или вращающиеся. Данный водозабор рассчитываем с подъемными сетками. Расчетную (рабочую) площадь сеток, м<sup>2</sup> определяем по формулам 3.3, 3.4.

Коэффициент стеснения отверстия сеткой  $K_2$  определяется по формуле:

$$K_2 = \left( \frac{b+d}{b} \right)^2, \quad (3.5)$$

где  $b$  – просвет ячейки,  $b = 2,0 \times 2,0$  мм;

$d$  – диаметр стержня,  $d = 1,2$ ;

$V$  – скорость воды в ячейках плоских сеток принимают равной  $0,2 \div 0,4$  м/с.

$$K_2 = \left( \frac{2+1,2}{2} \right)^2 = 2,56.$$

Требуемая площадь отверстия во всасывающее отделение для нормальной работы определяется по формулам 3.3.

$$\Omega = \frac{1,25 \cdot 2,56 \cdot 0,432}{0,3} = 4,6 .$$

Принимаем типовую сетку шириной 1630 мм, высотой 2630 мм. Ширина отверстия решетки 1500 мм, длина 2500 мм. Масса сетки 170,3 кг.

### 3.4 Расчет самотечных водоводов и трубопроводов НС I

Одним из эффективных средств промывки самотечных водоводов является обратная промывка, часто единственным возможным для очистки сороудерживающих решеток и фильтрующих кассет, особенно при наличии в потоках воды шуги.

При обратной промывки самотечные линии соединяют промывными линиями с напорными трубопроводами насосной станции первого подъема. Линии средних и больших диаметров обычно промывают водовоздушным или импульсным способами. Для этого в водоприемном колодце на выходе из самотечной линии устанавливают герметически закрывающийся затвор 1. Перед ним подключают к линии напорную колонну 3 высотой 6...8 м и диаметром в 1,5...3 раза большим диаметром самой промываемой линии. Вверху в колонне с помощью патрубка 4 подключают вакуум-насос для создания в ней разряжения.

Закрыв затвор 1 на самотечной линии в период промывки и создав в напорной колонне 3 вакуум, вода в ней поднимется до соответствующего этой степени разряжения уровня. При срыве вакуума в колонне находящаяся в ней вода устремляется в самотечную линию и обратным током промывает ее и отверстия оголовка. Создаваемый волновой импульс давления массы воды, заключенной в самотечной трубе и колонне, практически действует с одинаковой силой на всю площадь водоприемного отверстия и освобождает его от шуги и сора независимо от степени загрязнения. Данный процесс промывки линий повторяют несколько раз до полного очищения ее от отложений. Такую промывку осуществляют обычно в период низкого уровня воды в источнике.

Диаметр сифонных и самотечных водоводов, всасывающих труб определяют по расчетному расходу при нормальном режиме работы водозабора и скорости движения воды в трубах:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}, \quad (3.6)$$

где  $Q$  – расчетный расход одной секции;

$V$  – допустимая расчетная скорость в трубопроводе. Для самотечных и сифонных водоводов  $V_{сам} = 1,2$  м/с; для всасывающих трубопроводов насосных станций  $V_{вс} = 1,5$  м/с и для напорных  $V_{нап} = 2$  м/с.

Диаметр самотечных водоводов:

$$D_{сам} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,432}{3,14 \cdot 1,2}} = 0,677 м = 677 мм \approx 700 мм.$$

Количество всасывающих линий на насосных станциях первой и второй категории должно быть не менее двух.

Диаметр всасывающих трубопроводов насосной станции:

$$D_{вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,432}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,605 м = 605 мм \approx 600 мм.$$

Диаметр напорного трубопровода определяется по скорости движения воды и по 100% расчетному расходу при нормальном режиме работы водозабора.

Диаметр напорных трубопроводов насосной станции:

$$D_{нап} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,432}{3,14 \cdot 2}} = 0,524 м = 524 мм \approx 500 мм.$$

### 3.5 Расчетные параметры русловых колодцев

#### 3.5.1 Определение отметок уровней воды и отдельных конструкций в водоприемной камере

Определим отметки расчетных уровней воды в приемном отделении колодца при нормальном режиме.

Максимальную отметку воды в камере находим по формуле:

$$Z_{\max} = H_{\max} - \Sigma h_n, \quad (3.7)$$

где  $H_{\max}$  – максимальный уровень воды в реке;

$\Sigma h_n$  – общие потери напора в водоприемных устройствах, м, которые определяются по формуле:

$$\Sigma h_n = \Sigma h_{\text{решетки}} + \Sigma h_{\text{сам.линиях}}, \quad (3.8)$$

где  $\Sigma h_{\text{решетки}}$  – потери напора на решетках (0,05 м);

$\Sigma h_{\text{сам.линиях}}$  - потери напора по длине в самотечных водоводах от входа воды в водовод до выхода в колодец, которые определяются по формуле

$$\Sigma h_{\text{сам.линиях}} = i \cdot l + \Sigma h_m, \quad (3.9)$$

где  $\Sigma h_m$  – местные потери напора;

$i = 0,00211$  - уклон трения в водоводе, который зависит от расхода и диаметра, принимается по таблицам А. Ф. Шевелева.

Местные потери напора  $\Sigma h_m$  вычисляются по формуле:

$$\Sigma h_m = \Sigma \zeta_m \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}, \quad (3.10)$$

где  $\Sigma \zeta_m$  - коэффициент местного сопротивления.

Потери напора на конфузоре  $\zeta_k = 1$  м; на задвижке  $\zeta_3 = 0,06$  м; на выходе  $\zeta_6 = 1$  м.

$$\Sigma h_m = (1 + 0,06 + 1) \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,15 \text{ м},$$

$$\Sigma h_{\text{сам. линиях}} = (0,00211 \cdot 20) + 0,15 = 0,192 \text{ м},$$

$$\Sigma h_n = 0,05 + 0,192 = 0,197 \text{ м},$$

$$Z_{\text{max}} = 118,98 - 0,197 = 118,783 \text{ м}.$$

Максимальная отметка камеры:

$$Z_{\text{max. кам}} = Z_{\text{max}} - 0,3 - 0,35 = 118,783 - 0,3 - 0,35 = 118,133 \quad (3.11)$$

Минимальная отметка воды в камере:

$$Z_{\text{min}} = H_{\text{min}} - \Sigma h_n, \quad (3.12)$$

где  $H_{\text{min}}$  – минимальный уровень воды в реке при расчетной обеспеченности;

$$Z_{\text{min}} = 116,98 - 0,197 = 116,783.$$

Минимальная отметка камеры:

$$Z_{\text{min.кам}} = Z_{\text{min}} - 0,3 - 0,35 = 116,783 - 0,3 - 0,35 = 116,13 \text{ м}^3. \quad (3.13)$$

### 3.5.2 Определение отметок уровней воды и конструкций во всасывающей камере

Во всасывающем отделении колодца отметки уровня воды меньше на величину потерь напора в сетке  $h_{\text{сетки}}$ , чем в приемном отделении ( $h_{\text{сетки}} = 0,1 \text{ м}$  – при нормальном режиме,  $h_{\text{сетки}}^{\phi} = 0,15 \div 0,2 \text{ м}$  – при форсированном).

$$Z_{BC \text{ max}} = Z_{\text{max}} - h_{\text{сетки}}, \quad (3.14)$$

$$Z_{BC \text{ min}} = Z_{\text{min}} - h_{\text{сетки}}, \quad (3.15)$$

где  $h_{\text{сетки}}$  – потери напора в сетке (0,1 м).

$$Z_{BC \text{ max}} = 118,783 - 0,1 = 118,683 \text{ м}.$$

$$Z_{BC \text{ min}} = 116,783 - 0,1 = 116,683 \text{ м}.$$

### 3.6 Выбор типа очистки водоводов

Для данного типа водозаборного сооружения я принимаю обратную промывку самотечных линий импульсным способом путем подачи в них сжатого воздуха из напорной колонны. Для этого подбираем вакуум-насос марки ВВН1-0.75. Данный насос не требует очистки поступающих в них газов, также допускается попадание в насос жидкостей вместе с отсасываемым газом.



Проточная часть вакуум насоса марки ВВН1-0.75 состоит из чугуна, уплотнение вала сальниковое. Масса насоса 82 кг, размеры 815x332x315 мм, мощность 2,2 кВт, напор 0,006 МПа и подача 750 л/мин.

На решетках и сетках устанавливаем электронагреватели для защиты от намерзания, температура не менее +8°C;

Тепловой контур предусматривается для здания, где присутствует рабочий персонал, температура нагрева воздуха +5°C.

## **4. Расчет и проектирование насосных станций**

### **4.1 Насосная станция I подъема**

Насосные станции систем водоснабжения обеспечивают подачу воды в соответствии с нуждами потребителя. Их состав сооружений, конструктивные особенности, тип и количество оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования водных ресурсов и природы с учетом назначения насосной станции и предъявляемых к ней технологических требований.

Насосная станция 1-го подъема в данном случае запроектирована отдельно стоящей и забирает воду из всасывающей камеры водоприемного колодца и подает её на водоочистные сооружения.

#### **4.1.1 Определение требуемого напора насосов станции I-го подъема**

При подаче воды на очистные сооружения требуемый напор насосов НС-I определяется по формуле

$$H = H_{\Gamma} + h_{wвв.л} + h_{wн.л} + 1, \quad (4.1)$$

где  $H_2$  – геометрическая высота подъема воды (разность отметок уровней воды в смесителе очистных сооружений и во всасывающей камере), м;

$h_{wbc.l}$  – потери напора во всасывающем трубопроводе, м ;

$h_{wh.l}$  – потери напора в водоводе и в напорных коммуникациях от насосной станции до очистных сооружений (2,0 м);

1 – запас напора на излив воды из трубопроводов, м.

Потери напора во всасывающем трубопроводе определяются по формуле

$$h_{wbc.l} = i \cdot l, \quad (4.2)$$

$$h_{wbc.l} = 0,00144 \cdot 11 = 0,01584 \text{ м.}$$

Разность воды в напорном баке очистных сооружений при его полном затоплении и самого низкого уровня воды во всасывающей камере берегового колодца характеризуется геометрической высотой подъема и определяется по формуле

$$H_{\Gamma} = z_{o.c} - z_{bc.k}, \quad (4.3)$$

где  $z_{o.c}$  – отметка уровня воды в напорном баке, м;

$z_{bc.k}$  – отметка самого низкого уровня воды во всасывающей камере берегового колодца, м.

$$H_{\Gamma} = 133,5 - 116,683 = 16,817 \text{ м.}$$

Требуемый напор составляет:

$$H = 16,817 + 0,01584 + 2 + 1 = 19,83 \text{ м.}$$

#### 4.1.2 Подбор насосов

Принимаю центробежный насос консольный, моноблочный, марки ЦМК 2/315, серии «Иртыш» (2 рабочих и 1 резервный). Данный насос изготовлен предприятием «Взлёт» в городе Омск.

Насос предназначен для перекачивания чистых, маловязких и химически неагрессивных жидкостей, которые не должны содержать твердых включений или волокон. Насосный агрегат состоит из насоса и двигателя, они смонтированы на общей фундаментальной плите. Через муфту осуществляется привод насоса. Спиральный корпус насоса имеет лапы, которые прикрепляют насос к фундаментной плите.

К достоинствам этих насосов можно отнести:

1. Конструкция мало подвержена вибрациям благодаря фланцевому креплению мотора, непосредственно к корпусу насоса.
2. Надежность работы обеспечивается использованием цельного вала и специальных подшипников.
3. Простота эксплуатации за счет использования торцевого уплотнения, независимого от направления вращения.

Характеристики насоса приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Технические характеристики насоса ЦМК 2/315, серии «Иртыш»

Наименование	Значение
Расчетный расход	1500 м <sup>3</sup> /ч
Общий гидростатический напор насоса	25 м
Диаметр рабочего колеса	315 мм
Номинальная мощность электродвигателя	132 кВт
Условный проход напорного патрубка	300 мм

### 4.1.3 Определение отметки оси насоса

Из условия откачки воды из всасывающей камеры водоприемного колодца до дна резервуара определяется отметка оси насоса, не превышающая значения  $Z_H$ , определяемого по формуле:

$$Z_H < Z_D + H_S, \quad (4.4)$$

где  $H_S$  – максимальная высота всасывания насоса, м.

$$Z_H < 116,683 + 6,86 = 123,543 \text{ м.}$$

$$H_S = 10 - \Delta h_{\text{дон}} - h_{\text{нас.н}} - h_{\text{в.вс}}, \quad (4.5)$$

где  $\Delta h_{\text{дон}}$  - допустимая высота всасывания, которая принимается по характеристике насоса на соответствующую подачу.

$h_{\text{нас.н}}$  - напор, соответствующий давлению насыщенных паров (0,12 м);

$h_{\text{в.вс}}$  - потери во всасывающей линии.

$$H_S = 10 - 3 - 0,12 - 0,01584 = 6,86 \text{ м.}$$

Отметка фундамента под насос находим по формуле

$$Z_\Phi = Z_H - a, \quad (4.6)$$

где  $a$  – расстояние оси насоса до подошвы лап.

$$Z_\Phi = 123,543 - 0,39 = 123,153 \text{ м.}$$

Отметка пола машинного зала насосов:

$$Z_{пол} = Z_{\phi} - h_{\phi}, \quad (4.7)$$

где  $h_{\phi}$  – возвышение фундамента над полом, не менее 0,2 м.

$$Z_{пол} = 123,153 - 0,2 = 122,953 \text{ м.}$$

#### **4.1.4 Основное и вспомогательное оборудование водозаборов**

В качестве основного оборудования применяются сородерживающие решетки, сетки, центробежные насосы марки ЦМК 2/315, серии «Иртыш», затворы, задвижки на водоводах.

В качестве вспомогательного оборудования используются дренажные насосы, электрооборудование, грузоподъемное оборудование.

### **5. Циркуляционная насосная станция**

Насосами этой станции очищенная вода подается из резервуара Р1.2.3 к потребителю. Подачу циркуляционной насосной станции определяют в зависимости от режима водопотребления предприятия.

#### **5.1. Определение уровней воды в РЧВ**

Принимаем прямоугольные железобетонные резервуары для хранения рассчитанного объема воды. Резервный объем воды на тушение пожара,  $W_{пож} = 378 \text{ м}^3$ . Полный объем РЧВ составляет  $W_P = 4356,6 \text{ м}^3$ .

В зависимости от величины аккумулированного объема принимается число резервуаров  $N_p$  (не менее двух). Принимаю 3 РЧВ, объемом  $W_P = 1500$

$m^3$  каждый. Каждый резервуар имеет длину  $L = 18$  м, ширину  $B=18$  м и высоту  $H=4,8$  м.

Заглубление резервуара задается из условия минимальной выемки грунта котлована под сооружение, которое равно половине высоты резервуара.

Отметка дна резервуара определяется по формуле:

$$Z_{д} = Z - H / 2, \quad (5.1)$$

где  $Z$  – отметка земли у резервуара,  $Z = 133,5$  м;

$H$  – высота резервуара,  $H = 4,8$  м.

$$Z_{д} = 133,5 - (4,8 / 2) = 131,1 \text{ м.}$$

Максимальная высота слоя воды в резервуаре и слоя противопожарного запаса воды определяется по формулам:

$$h_{\max} = W / N \cdot F_p, \quad (5.2)$$

$$h_{\Pi} = W_{\Pi} / N \cdot F_p, \quad (5.3)$$

где  $W_n$  - неприкосновенный противопожарный объем,  $m^3$ ;

$W$  - полный объем РЧВ,  $m^3$ ;

$N$  – количество резервуаров;

$F_p$  – площадь одного РЧВ.  $m^2$ .

$$h_{\max} = 4356,6 / 3 \cdot 324 = 4,48 \text{ м,}$$

$$h_{II} = 378/3 \cdot 324 = 0,38 \text{ м.}$$

Определяем отметку слоя пожарного запаса воды в резервуаре по формуле:

$$Z_{II} = Z_{Д} + h_{II}, \quad (5.4)$$

$$Z_{II} = 131,1 + 0,38 = 131,48 \text{ м.}$$

Максимальный уровень воды в резервуаре определяется по формуле:

$$Z_{p.\max} = Z_{Д} + h_{\max}, \quad (5.5)$$

$$Z_{p.\max} = 131,1 + 4,48 = 135,58 \text{ м.}$$

Найденные отметки представлены на рисунке 5.1.

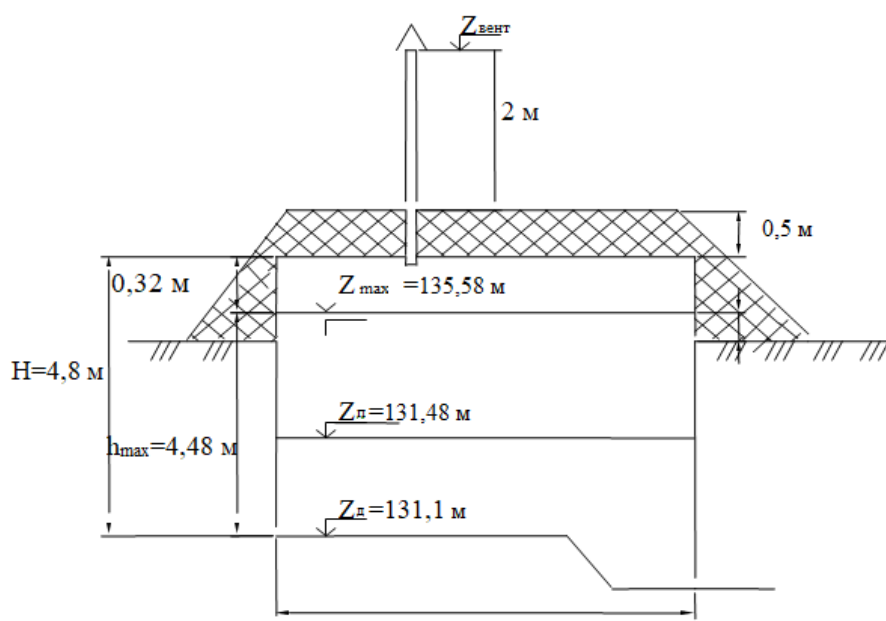


Рисунок 5.1 – Схема РЧВ

## 5.2 Расчет диаметров всасывающих и напорных трубопроводов

При проектировании насосных станций принимаем две всасывающие линии.

Диаметр трубопровода зависит от скорости движения воды в нем, а также от расчетного секундного расхода в одном резервуаре и определяется по формуле:

$$D_{вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{3,14 \cdot v_m}}. \quad (5.6)$$

где  $Q_p$  – расход воды на одной линии,

$v_m$  – скорость воды в трубопроводе (для всасывающего трубопровода 1-1,8 м/с, напорного 1,5-2,5 м/с).

Для всасывающего трубопровода:

$$D_{вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,432/3)}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,34 м = 340 мм \approx 350 мм.$$

Для напорного трубопровода:

$$D_{нап} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,432/3)}{3,14 \cdot 2}} = 0,30 м = 300 мм.$$



### 5.3 Определение требуемого напора насосов

Высота подъема насосов определяется по формуле:

$$H_n = H_\Gamma + h_{w.вс.л.} + h_{w.н.л.}, \quad (5.7)$$

где  $h_{w.вс.л.}$  – потери напора во всасывающем трубопроводе, м;

$h_{w.н.л.}$  – потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от НС.

$$h_{w.вс.л.} = S_{o.вс.} \cdot L_{вс.} \cdot Q_{вс.}^2 + h_{к.вс.} \text{ м.}, \quad (5.8)$$

где  $S_{o.вс.}$  – удельное сопротивление труб, принимается по таблицам Ф. А. Шевелева;

$L_{вс.}$  – длина всасывающего трубопровода, м, его значение принимается по генплану;

$Q_{вс.}$  – расчетные расходы всасывающих линий, м<sup>3</sup>/с;

$h_{к.вс.}$  – потери напора в коммуникациях внутри насосной станции, на всасывающей линии, принимаются равными  $h_{к.вс.} = 1,5 \text{ м.}$

$$h_{w.вс.л.} = 0,00774 \cdot 20 \cdot 0,144^2 + 1,5 = 1,5 \text{ м.},$$

$$h_{w.н.л.} = h_{w.y} + h_{к.н} \quad (5.9)$$

где  $h_{к.н}$  – потери напора в коммуникациях внутри насосной станции, на напорной линии, принимаются равными  $h_{к.н} = 2,0 \text{ м.}$

$h_{w.y}$  – потери напора на участках до диктующей точки, м

$$h_{w.y} = 0,5 \text{ м.}, \quad (5.10)$$

$$h_{w.n.l.} = 0,5 + 2 = 2,5 \text{ м.}$$

Геометрическая высота подъема воды, м, определяется по формуле:

$$H_{\Gamma} = H_z \quad (5.11)$$

где  $H_z$  – разность отметок поверхности земли у диктующей точки  $Z_{д.м.}$  и расчетного уровня в РЧВ (пожарного)  $Z_{П РЧВ}$ :

$$H_z = Z_{д.м.} - Z_{П}, \quad (5.12)$$

$$H_z = 133,5 - 131,48 = 2,02 \text{ м,}$$

$$H_H = 2,02 + 1,5 + 2,5 = 6,02 \text{ м.}$$

Полная высота подъема насосов определяется по формуле:

$$H_n = H_H + H_{св}, \quad (5.13)$$

где  $H_{св}$  – требуемый свободный напор над поверхностью земли в диктующей точке, принимаем 4 м.

$$H_{св} = 4 \text{ м.}$$

Полная высота подъема насосов:

$$H_n = 6,02 + 4 = 10,02 \text{ м.}$$

## 5.4 Подбор насосов

Насосы в циркуляционной насосной станции работают в параллельном режиме подачи воды в водовод, совместно, т.е. несколько насосов подают воду в одну систему. Подбор марки насосов производится по требуемым подаче  $Q_H = 1036 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напору  $H_n = 10,02 \text{ м}$ .

Принимаю центробежный насос консольный с общепромышленным электродвигателем марки Грунфос НК300-360/176, (3 рабочих и 1 резервных)

## 5.5 Определение отметки оси насоса

Отметка оси насосов определяется из условия откачки воды из всасывающей камеры водоприемного колодца до дна резервуара и должна быть не более величины  $Z_H$ , определяемой по формуле

$$Z_H < Z_D + H_S, \quad (5.14)$$

где  $H_S$  – максимальная высота всасывания насоса, м.

$$Z_H < 131,1 + 5,38 = 136,48 \text{ м}.$$

$$H_S = 10 - \Delta h_{\text{дон}} - h_{\text{нас.н}} - h_{\text{w.вс}}, \quad (5.15)$$

где  $\Delta h_{\text{дон}}$  - допустимая высота всасывания,

$h_{\text{нас.н}}$  - напор, соответствующий давлению насыщенных паров (0,12 м);

$h_{\text{w.вс}}$  - потери во всасывающей линии.

$$H_s = 10 - 3 - 0,12 - 1,5 = 5,38 \text{ м.}$$

Для повышения надежности и для упрощения запуска насосных агрегатов корпус насоса располагаем под заливом от расчетного уровня пожарного запаса  $Z_n$  в РЧВ. В таком случае отметка оси насоса не должна превышать величины:

$$Z_H < Z_{II} - (B + 0,2), \quad (5.16)$$

где  $B$  – расстояние от верха корпуса насоса до его оси, принимается в соответствии с габаритными размерами.

$$Z_n < 131,48 - (0,440 + 0,2) = 130,84 \text{ м.}$$

Отметка пола машинного зала насосов:

$$Z_\phi = Z_H - a, \quad (5.17)$$

где  $a$  – расстояние оси насоса до подошвы лап.

$$Z_\phi = 131,1 - 0,7 = 130,4 \text{ м}$$

Отметка пола машинного зала насосов:

$$Z_{\text{пол}} = Z_\phi - h_\phi = 130,4 - 0,2 = 130,2 \text{ м} \quad (5.18)$$

где  $h_\phi$  – возвышение фундамента над полом, (не менее 2 м).

## **6 Расчет сооружений производственного назначения.**

### **6.1 Система водоснабжения первого, второго и третьего потребителя**

В соответствии с разработанной схемой объединенная оборотная система первого, второго и третьего потребителя включает в свой состав: охладитель (Охл.), резервуары, насосные станции (НС) и трубопроводы.

При разработке объединенной оборотной системы водоснабжения потребители П1,П2,П3 необходимо учитывать требуемые напоры на вводе и напоры на отводе отработанной воды. Отработанная вода потребителей поступает в резервуары Р1.1,Р1.2,Р1.3, а затем поступает на охладитель. Поэтому общими будут охладитель и резервуар охлажденной воды Р1.2.3, откуда вода собственными НС1.2, НС2.2,НС3.2 и подается потребителю.

Для охлаждения воды принимаются типовые вентиляторные градирни.

Расчет сооружений ведется по номинальному часовому расходу. Все сооружения располагаются на выделенной на генплане площадке с планировочной отметкой 138,5 м.

В соответствии с разработанной схемой оборотная система потребителей включает в свой состав: сверхскоростную фильтровальную станцию для получения воды мутностью не более 10 мг/л.

В качестве напорных зернистых фильтров используется автоматическая сверхскоростная фильтровальная станция (ССФС) системы Г.Н. Никифорова.

Расчет сооружений ведется по номинальному часовому расходу. Все сооружения располагаются на выделенной, на генплане площадке с планировочной отметкой 138,5м.

## 6.2 Расчет сверхскоростной фильтровальной станции ССФС1.1

Полезная производительность станции принимается равной максимальному часовому водопотреблению  $Q_{\text{пот}}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Определяем площадь фильтрования,  $\text{м}^2$ :

$$F = \frac{Q_{\text{пот}}}{V_{\text{н}}} = \frac{3108}{20} = 155,4 \text{ м}^2, \quad (6.1)$$

где  $Q_{\text{пот}}$  – расход потребителя,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$V_{\text{н}}$  – скорость фильтрования в период отсутствия промывки одного из фильтров,  $V_{\text{н}} = 20\text{-}25 \text{ м/ч}$ .

Принимаем 2 блока фильтров. Количество фильтров в блоке принимается равным  $N=6\text{-}10$ .

Площадь одного фильтра,  $\text{м}^2$ :

$$f = \frac{F}{N} = \frac{155,4}{20} = 7,77 \text{ м}^2 \quad (6.2)$$

К установке принимаются 2 блока серийных напорных вертикальных однокамерных осветительных фильтров. Принимаем 10 фильтров в блоках, с  $d=3\text{м}$ ,  $f = \pi \cdot d^2 / 4 = 7,1 \text{ м}^2$ .

Расход воды на промывку фильтра,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q_{\text{пр.}} = i \cdot f \cdot 3,6 = 11 \cdot 7,1 \cdot 3,6 = 281,16 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.3)$$

где  $i$  - интенсивность промывки,  $i = 01\text{-}15 \text{ л}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ .

Скорость фильтрования в период промывки одного фильтра,  $\text{м/ч}$ :

$$V_{\phi} = (Q_{nom} + Q_{np}) / f \cdot (N - 1) \leq 30 \quad (6.4)$$

$$V_{\phi} = (1555 + 281,16) / 7,77 \cdot (10 - 1) = 29,14 \text{ м} / \text{ч}. \quad (6.5)$$

Объем воды на промывку одного фильтра при времени промывки  $t_{np} = 6 \text{ мин} = 0,1 \text{ ч}$ ,  $\text{м}^3$ :

$$W_{np} = Q_{np} \cdot t_{np} = 281,16 \cdot 0,1 = 28,116 \text{ м}^3. \quad (6.6)$$

Именно этот объем находится в резервуаре Р1.1 и накоплен в резервуаре Р1.2, откуда он забирается на промывку фильтров насосами НС1.1

Суточный расход воды, необходимый на промывку фильтров сверхскоростной фильтровальной станции,  $\text{м}^3 / \text{сут}$ :

$$W_{np.сут.} = W_{np} \cdot N \cdot n_{np} = 28,116 \cdot 10 \cdot 2 = 562,32 \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (6.7)$$

где  $n_{np}$  – число промывок каждого фильтра в сутки,  $n_{np} = 2$

Этот расход воды на промывку фильтров учитывается при балансовом расчете.

### **6.3 Расчет резервуара Р1.1**

Объем резервуара в системе водоснабжения определяется исходя из их назначения. Резервуар в рассматриваемой системе водоснабжения является всасывающей камерой соответствующей насосной станции. Объем такого резервуара определяется исходя из 5 - 10-минутной производительности насосной станции. При этом большее значение принимается для небольших

по производительности систем (менее 100 м<sup>3</sup>/ч). С увеличением производительности расчетное время уменьшается. Кроме того, резервуар Р1.1 должен иметь дополнительный объем V<sub>доп</sub> для приема промывной воды от промывки одного фильтра сверхскоростной фильтровальной станции.

Объем резервуара, м<sup>3</sup>:

$$W_p = \frac{5 \cdot Q_{nom}}{60} + W_{np} = \frac{5 \cdot 3108}{60} + 28,116 = 287,12 \text{ м}^3. \quad (6.8)$$

Принимаем нетиповой железобетонный резервуар W<sub>p</sub>=300м<sup>3</sup>, размеры в плане L·B = 14·7м, глубина воды 3м. Для обеспечения самотечного приема воды от водопотребителя верх резервуара располагается на 1 м ниже планировочной отметки площадки.

#### 6.4 Расчет радиального отстойника

Расчетная производительность радиального отстойника определяется исходя из максимального часового водопотребления и обеспечения очистки промывочной воды, м<sup>3</sup>/ч:

$$Q_{om} = Q_{nom} + \frac{W_{np.сут}}{24} = \frac{562,32}{24} + 3108 = 3131,43 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (6.9)$$

Площадь отстойников, м<sup>2</sup>:

$$F_{om} = 0,2 \cdot \left( \frac{Q_{om}}{u_0} \right) \cdot 1,07 + f_1 = 0,2 \cdot \left( \frac{3131,43}{0,2} \right) \cdot 1,07 + 20 = 3370,63 \text{ м}^2, \quad (6.10)$$

где f<sub>1</sub> – площадь центральной вихревой зоны, которая может быть принята в пределах от 20 до 40 м<sup>2</sup> на каждый отстойник, f<sub>1</sub> = 20-40 м<sup>2</sup>;



$u_0$  – гидравлическая крупность частиц, которые нужно осадить для обеспечения требуемого эффекта осветления. Зависит от характера примесей и требуемого эффекта осветления и может быть принята  $u_0 = 0,2-0,4$  мм/с, при требуемом эффекте осветления выше 80%.

В установке должно быть принято не менее двух рабочих отстойников. Резервных отстойников не предусматривается.

Диаметр одного отстойника, м:

$$D_{от} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ом}}{3,14 \cdot N}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3370,63}{3,14 \cdot 3}} = 37,83 м \approx 40 м., \quad (6.11)$$

где  $N=3$  – количество отстойников.

К установке принимаются типовые радиальные отстойники, т.к. в отстойники поступает нагретая вода, то они устанавливаются открытыми в насыпи с отметкой верха на 5 м выше планировочной площади.

Потери воды с осадком в отстойниках:

$$W_{ос} = [Q_{сут} \cdot (M_{отр} - M_{тр}) + Q_{под} \cdot (M_{ист} - M_{тр})] / \delta, \quad (6.12)$$

где  $W_{ос}$  – суточный объем осадка, м<sup>3</sup>;

$Q_{сут}$ ,  $Q_{под}$  – количество отработанной и подпитываемой воды соответственно  $Q_{сут} = 47742,96$  м<sup>3</sup>/сут,

$M_{отр}$ ,  $M_{ист}$ ,  $M_{тр}$  – мутность отработанной воды, воды источника, требуемая, соответственно  $M_{отр} = 320$  мг/л,  $M_{ист} = 118$  мг/л,  $M_{тр} = 10$  мг/л;

$\sigma = 150000$  г/м<sup>3</sup>, средняя концентрация твердой фракции в осадке при безреагентном отстаивании.

$$Q_{под} = 155,4 м^3/ч.$$

$$W_{oc} = [24861,6 \cdot (320 - 10) + 155,4 \cdot (118 - 10)] / 150000 = 51,49 \text{ м}^3 \quad (6.13)$$

Количество воды, теряемое при гидравлическом удалении осадка, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{oc} = W_{oc} \cdot k_p = 51,49 \cdot 1,5 = 77,23 \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (6.14)$$

где  $k_p=1,5$ , коэффициент разбавления.

### 6.5 Расчет и проектирование насосной станции НС1, НС2, НС3

Для самотечного движения воды от водопотребителя, верх резервуара располагаем на 1 м ниже планировочной площадки – 133,5 м. НС1.1 подает воду из Р1.1 в радиальный отстойник. Расчетная производительность НС1.1 равна количеству воды, подаваемой в отстойники.

Потребный напор, м:

$$H_{нас} = z_1 - z_2 + h_{нс} + h_c + H_{тр}, \quad (6.15)$$

где  $z_1$  – отметка, на которую подается вода в отстойники,

$$z_1 = z_{пл} + 5 \text{ м} = 133,5 + 5 = 138,5 \text{ м},$$

$z_2$  – минимальный уровень воды в резервуаре Р1.1,

$$z_2 = 133,5 - 3 - 1 = 129,5 \text{ м}$$

$h_{нс}$  – потери напора в насосной станции,  $h_{нс}=2 \text{ м}$ ;

$h_c$  – потери напора в трубопроводах,  $h_c = 5$  м;

$H_{тр}$  – требуемый напор в точке подачи воды,  $H_{тр}=1$  м.

При малых напорах используют консольные насосы. Количество рабочих насосов должно быть не менее двух. Количество резервных насосов принимается в зависимости от требуемой надежности в соответствии рекомендациями СП. Категория надежности насосной станции – вторая.

Насосы устанавливаются «под залив», без использования вакуумных установок, поэтому отметка оси насоса должна быть не выше среднего уровня воды в резервуаре. Это обеспечивает надежную работу насосных станций с простой системой автоматики.

Потребный напор, м:

$$H_{нас} = 138,5 - 129,5 + 2 + 5 + 1 = 15 \text{ м.} \quad (6.16)$$

Средний уровень воды в резервуаре, м:

$$Z_{cp} = (Z_{min} + Z_{max}) / 2 = (129,5 + 132,5) / 2 = 131 \text{ м,} \quad (6.17)$$

где  $Z_{min} = Z_2 = 129,5$  м, минимальный уровень воды в резервуаре.

Отметка оси насоса принимается на 0,2 м ниже  $Z_{cp}$ :

$$Z_{нас} = Z_{cp} - 0,2 = 131 - 0,2 = 130,8 \text{ м.} \quad (6.18)$$

Подбираем горизонтальные насосы марки D 1250-65,  $n=960$  мин<sup>-1</sup>,  $L=2160$  мм,  $B=840$  мм. Принимаем два рабочих насоса и один резервный.

Расстояние от оси насосов до пола насосной станции в заглубленных насосных станциях может быть принято 1,0 м.

Отметка пола насосной станции, м:

$$Z_{пол} = Z_{нас} - 1 = 130,8 - 1 = 129,8 \text{ м}; \quad (6.19)$$

$$H_{загл} = Z_{пл} + 0,2 - Z_{пол} = 133,5 + 0,2 - 129,8 = 3,5 \text{ м}. \quad (6.20)$$

## 6.6 РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ НС1.2

НС1.2 подает воду из Р1.2 на сверхскоростную фильтровальную станцию и под большим напором подается в охладитель. Режим работы насосной станции НС1.2 совпадает с режимом работы сверхскоростной фильтровальной станции.

Потребный напор без учета промывки фильтра, м:

$$H_{нас} = z_1 - z_2 + h_{нс} + h_c + H_{тр} + h_\phi, \quad (6.21)$$

где  $z_1$  – отметка распределительной системы градирен,  $z_1 = 138,5$  м;

$z_2$  – минимальный уровень воды в резервуаре,  $z_2 = 129,5$  м;

$h_{нс}$  – потери напора на НС,  $h_{нс} = 2,0$  м;

$h_c$  – потери напора в трубопроводах,  $h_c = 1,0$  м;

$H_{тр}$  – требуемый напор в точке подачи воды,  $H_{тр} = 5$  м;

$h_\phi$  – потери напора в скоростной фильтровальной станции,  $h_\phi = 7$  м.

$$H_{нас} = 138,5 - 129,5 + 2 + 1 + 7 + 5 = 24 \text{ м}. \quad (6.22)$$

Подбираем насосы марки Д 630-90,  $n=650 \text{ мин}^{-1}$ ,  $D_k = 450 \text{ мм}$   $L=2136 \text{ мм}$ ,  $B=840 \text{ мм}$ . Принимаем 2 рабочих насоса и 1 резервный.

### 6.7 Стабилизационная обработка воды

Для защиты водопроводных труб и оборудования от коррозии и образования отложений следует предусматривать стабилизационную обработку воды, необходимость проведения которой устанавливается оценкой стабильности воды.

Оценку стабильности воды надлежит производить на основании технологического анализа по методу “карбонатных испытаний”. Коэффициент упаривания:

$$K_y = (P_1 + P_2 + P_3) / (P_2 + P_3), \quad (6.23)$$

где  $P_1$  – потери из системы на испарение,  $P_1=0,114\%$

$P_2$  – потери воды из системы на унос воздухом,  $P_2=0,1\%$

$P_3$  – потери воды из системы на продувку системы в % от расхода оборотной воды:

$$P_3 = \frac{P_1}{K_{y, \text{доп}}} - P_2, \quad (6.24)$$

где  $K_{y, \text{доп}}$  – допустимый коэффициент упаривания воды:

$$K_{y, \text{доп}} = (2 - 0,125 \cdot Ш_{\text{доб}}) \cdot (1,4 - 0,01 \cdot t_1) \cdot (1,1 - 0,01 \cdot Ж_{\text{доб}}), \quad (6.25)$$

где  $t_1$  – температура оборотной воды до охладителя,  $t_1=40^\circ\text{C}$ ;

$Ж_{\text{доб}}$  – жесткость общая добавочной воды, мг-экв/л:

$$Ж_{\text{доб}} = \frac{Ca}{20} + \frac{Mg}{12} = \frac{144}{20} + \frac{152}{12} = 19,9 \text{ мг-экв/л}. \quad (6.26)$$

$\text{Щ}_{\text{доб}}$  – щелочность общая добавочной воды мг/л:

$$\text{Щ}_{\text{доб}} = \frac{\text{HCO}_3}{61} = \frac{217}{61} = 3,56 \text{ мг-экв/л}; \quad (6.27)$$

$$K_{y,\text{дон}} = (2 - 0,125 \cdot 3,56) \cdot (1,4 - 0,01 \cdot 40) \cdot (1,1 - 0,01 \cdot 19,9) = 1,39; \quad (6.28)$$

$$P_3 = \frac{0,114}{1,39 - 1} - 0,1 = 0,19\%; \quad (6.29)$$

$$K_y = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3} = \frac{0,114 + 0,1 + 0,19}{0,114 + 0,19} = 1,3. \quad (6.30)$$

Обработку охлажденной воды для предотвращения образования отложений следует производить, когда  $K_y \cdot \text{Щ}_{\text{доб}} \geq 3$ , т.к.  $5 \geq 3$ , требуется стабилизационная обработка воды.

Принимаем метод фосфатирования. Доза фосфатного реагента в оборотной воде должна поддерживаться равной 1,5-2 мг/л.

Для предупреждения биологического обрастания микроорганизмами, водорослями градирен, брызгальных бассейнов и оросительных теплообменных аппаратов производят обработку охлажденной воды хлором и медным купоросом. Доза хлора составляет 7-10 мг/л, медного купороса – 1,2 мг/л. Продолжительность хлорирования каждого периода – 1 ч, периодичность – 3-4 раза в месяц

## 6.8 Расчет резервуара P2.1

Объем резервуара в системе водоснабжения определяется исходя из их назначения. Резервуар в рассматриваемой системе водоснабжения является всасывающей камерой соответствующей насосной станции. Объем такого резервуара определяется исходя из 5 - 10-минутной производительности насосной станции. При этом большее значение принимается для небольших по производительности систем (менее 100 м<sup>3</sup>/ч). С увеличением производительности расчетное время уменьшается. Кроме того, резервуар P2.1 должен иметь дополнительный объем V<sub>доп</sub> для приема промывной воды от промывки одного фильтра сверхскоростной фильтровальной станции.

Объем резервуара, м<sup>3</sup>:

$$W_p = \frac{5 \cdot Q_{nom}}{60} + W_{np} = \frac{5 \cdot 1140}{60} + 12,43 = 107,43 \text{ м}^3. \quad (6.31)$$

Принимаем нетиповой железобетонный резервуар, размеры в плане L·B=6·6м, глубина воды 3м. Для обеспечения самотечного приема воды от водопотребителя верх резервуара располагается на 1 м ниже планировочной отметки площадки.

## 6.9 Расчет резервуара P1.P2.P3

Резервуар P2.2 является всасывающей камерой насосной станции НС2.2.

Объем резервуара, м<sup>2</sup>:

$$W_p = \frac{5 \cdot Q_{nom}}{60} = \frac{5 \cdot 3108}{60} = 259 \text{ м}^3. \quad (6.32)$$

Принимаем нетиповой железобетонный резервуар, размеры в плане  $L \cdot B = 32 \cdot 32$  м, глубина воды 3 м.

## **6.10 Система водоснабжения третьего потребителя**

### **6.10.1 Расчет резервуара РЗ.1**

Резервуар РЗ.1 является всасывающей камерой насосной станции НСЗ.1.

Объем резервуара,  $m^3$ :

$$W_p = \frac{5 \cdot Q_{nom}}{60} = \frac{5 \cdot 950}{60} = 79,2 \text{ м}^3. \quad (6.33)$$

Принимаем нетиповой железобетонный резервуар, размеры в плане  $L \cdot B = 6 \cdot 4$  м, глубина воды 3 м.

### **6.10.2 Расчет и проектирование насосной станции НСЗ.1**

НСЗ.1 подает воду из РЗ.1 на охладитель. Расчетная производительность НСЗ.1 равна количеству воды, подаваемой на охладитель.

Потребный напор, м:

$$H_{нас} = z_1 - z_2 + h_{нс} + h_c + H_{тр}, \quad (6.34)$$

где  $z_1$  – отметка, на которую подается вода в охладитель,  $z_1 = 138,5$  м,

$z_2$  – минимальный уровень воды в резервуаре РЗ.1,  $z_2 = 135,5$  м;



$h_{nc}$  – потери напора в насосной станции,  $h_{nc}=2\text{ м}$ ;

$h_c$  – потери напора в трубопроводах,  $h_c = 1 \text{ м}$ ;

$H_{тр}$  – требуемый напор в точке подачи воды,  $H_{тр}=5 \text{ м}$ .

Потребный напор, м:

$$H_{нас} = 138,5 - 135,5 + 2 + 1 + 5 = 11 \text{ м.} \quad (6.35)$$

Подбираем насосы марки Д 200-21,  $n=980 \text{ мин}^{-1}$ ,  $D_k=515 \text{ мм}$   $L=2570 \text{ мм}$ ,  $V=1040 \text{ мм}$ . Принимаем один рабочий и один резервный.

### 6.10.3 РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ НС3.2

Насосная станция НС3.2 подает воду из резервуара Р1.2.3 водопотребителю. Производительность станции равна максимальному часовому водопотреблению.

Потребный напор насосов, м:

$$H_{нас} = z_1 - z_2 + h_{nc} + h_c + H_{тр} , \quad (6.36)$$

где  $z_1$  – отметка поверхности земли у потребителя,  $z_1=132,5 \text{ м}$ ;

$z_2$  – минимальный уровень воды в резервуаре,  $z_2 = 129,5 \text{ м}$ ;

$h_{nc}$  – потери напора на НС,  $h_{nc} = 2,0 \text{ м}$ ;

$h_c$  – потери напора в трубопроводах,  $h_c = 5 \text{ м}$ ;

$H_{тр}$  – требуемый напор у потребителя,  $H_{тр}=15\text{ м}$ .

Потребный напор насосов, м:

$$H_{нас} = 132,5 - 129,5 + 2 + 5 + 15 = 25 \text{ м.} \quad (6.37)$$

Подбираем насосы марки Д 2000-21,  $n=980 \text{ мин}^{-1}$ ,  $D_k = 450 \text{ мм}$ ,  $L=2570\text{мм}$ ,  $V=1040 \text{ мм}$ . Принимаем один рабочий и один резервный.

### 6.11 Расчет охладителя

Вентиляторные градирни применяют в системе оборотного водоснабжения, требующих устойчивого и глубокого охлаждения воды при высоких удельных гидравлических и тепловых нагрузках, при необходимости сокращения объема строительных работ, маневренного регулирования температуры охлажденной воды средствами автоматизации.

Принимаем:

марка вентилятора 1ВГ 50;

номер проекта 901-6-29;

площадь секции  $64 \text{ м}^2$ ;

вид оросителя – Капельный;

$GB \cdot 10^{-3} = 465 \text{ м}^3 / \text{ч}$ , расход воздуха.

Определяем:

$$h_{ор} \cdot A = 3,68 \cdot 0,309 = 1,14, \quad (6.38)$$

где  $h_{ор}$  - высота оросителя градирни,  $h_{ор}=3,68 \text{ м}$ ;

$A$  – коэффициент, характеризующий охлаждающую способность градирни,  $0,309 \text{ м}^{-1}$ .

При заданных  $\Delta t=5$ ,  $\varphi=40 \%$  и  $t_2=30^\circ$ , определяем плотность орошения  $q_{ж}=3,3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ .

Площадь градирни,  $\text{м}^2$ :

$$F_{\text{град}} = Q_{\text{час}} / q_{\text{ж}} = 450 / 3,3 = 136,4 \text{ м}^2, \quad (6.39)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – расход потребителя,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$q_{\text{ж}}$  – плотность орошения,  $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ .

Количество секций:

$$n = F/f = 136,4 / 64 = 2,1 \approx 2 \text{ секции}, \quad (6.40)$$

где  $f = 64 \text{ м}^2$  – площадь секции.

## 6.12 Определение безвозвратных потерь

Для систем оборотного водоснабжения должен составляться баланс воды, учитывающий потери, необходимые сбросы и добавление воды в систему для компенсации убыли из нее. При составлении баланса в состав убыли воды необходимо включить:

$Q_{\text{пп}}$  – безвозвратное потребление воды в производстве;

$Q_{\text{ун}}$  – потери воды на капельный унос в охладителях;

$Q_{\text{исп}}$  – потери воды на испарение в охладителях;

$Q_{\text{прод}}$  – организованный сброс воды из системы для поддержания допустимого содержания растворенных примесей.

Безвозвратные потери воды в производстве зависят от характера технологического процесса роли воды в производстве могут быть 5%

$$Q_{\text{н.нз}} = 0,05 \cdot Q_{\text{ном}} = 0,05 \cdot 450 = 22,5 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (6.41)$$

$$Q_{\text{ун}} = 0,001 \cdot Q_{\text{ном}} = 0,001 \cdot 450 = 0,45 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (6.42)$$

$$Q_{исп} = K \cdot \Delta t \cdot Q_{ном} = 0,0015 \cdot 5 \cdot 450 = 3,37 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.43)$$

где  $K=0,0015$  – коэффициент потерь воды на испарение

$$Q_{безв.пот} = \sum Q = 22,5 + 0,45 + 3,37 = 26,32 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (6.44)$$

### 6.13 Система водоснабжения четвертого потребителя

В соответствии с разработанной схемой обратная система четвертого потребителя включает в свой состав: ионитовые фильтры, резервуары, насосные станции (НС) и трубопроводы.

Четвертый потребитель предъявляет требования к воде, в которой остаточное солесодержание не должно превышать 10 мг/л, поэтому схема обессоливания включает 1 степень катионитовых и анионитовых фильтров. Катионитовые фильтры 1 степени загружены сильнокислотным катионитом марки КУ2-8. Анионитовые фильтры 1 степени загружены слабоосновным анионитом. После катионитовых фильтров 1 степени располагается дегазатор, который предназначен для удаления свободной углекислоты, которая образуется в цикле Н-катионирования.

Расчет сооружений ведется по номинальному часовому расходу. Все сооружения располагаются на выделенной на генплане площадке с планировочной отметкой 43,2м.

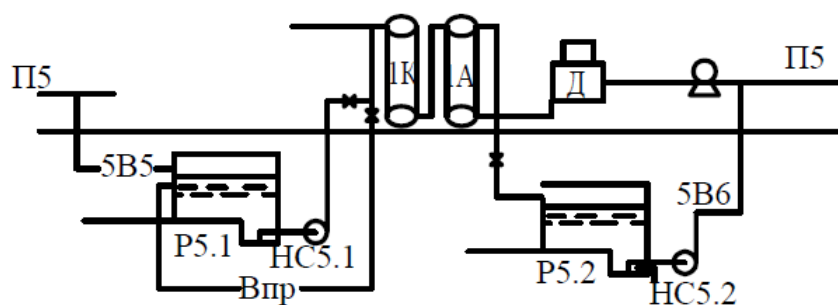


Рисунок 6.1 - Высотно-технологическая схема водоснабжения четвертого потребителя

### 6.14 Расчет катионитовых фильтров

Объем Н-катионитовых фильтров первой ступени, м<sup>3</sup>:

$$W_{H1} = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{сут} \cdot \sum[K]}{n \cdot E_{раб}} = \frac{1,1 \cdot 2256 \cdot 23,76}{2 \cdot 1139,97} = 25,8 \text{ м}^3, \quad (6.45)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент для учета расхода воды на собственные нужды установки  $\alpha_1=1,1-1,5$ ;

$Q_{сут}$  – полезный расход обессоленной воды, м<sup>3</sup>/сут;

$\sum[K]$  – сумма катионов в исходной воде,  $\sum[K]=23,76$  мг-экв/л,

$$\sum[K] = \frac{Ca}{20} + \frac{Mg}{12} + \frac{Na}{23} + \frac{K}{40} = \frac{144}{20} + \frac{152}{12} + \frac{55}{23} + \frac{60}{40} = 23,76 \text{ мг} - \text{экв} / \text{л}; \quad (6.45)$$

$n$  – число фильтроциклов в сутки,  $n=2$ .

Рабочая обменная способность катиона, мг-экв/м<sup>3</sup>:

$$E_{раб} = \alpha_3^H \cdot \gamma \cdot E_{полн} - 0,5 \cdot q \cdot \sum[K] = 0,95 \cdot 0,85 \cdot 1500 - 0,5 \cdot 6 \cdot 23,76 = 1139,97 \text{ мг} - \text{экв} / \text{м}^3 \quad (6.46)$$

где  $\alpha_3^H$  – коэффициент эффективности регенерации,  $\alpha_3^H=0,95$ ;

$\gamma$  - коэффициент для учета снижения обменной способности Н-катиона по катиону натрия по сравнению с обменной способностью по катионам жесткости,  $\gamma=0,8-0,9$  для КУ-2,  $\gamma=0,85$ ;

$E_{\text{полн}}$  – полная обменная способность катиона,  $E_{\text{полн}}=1500$  г-экв/м<sup>3</sup>;

$q=6$  – удельный расход осветленной воды на отмывку 1 м<sup>3</sup> Н-катионита.

Площадь катионитовых фильтров первой ступени, м<sup>2</sup>:

$$F_{H1} = \frac{W_{H1}}{h} = \frac{25,8}{2,5} = 10,3 \text{ м}^2, \quad (6.47)$$

где  $h=2,5$  м – высота слоя загрузки. По таблице подбираем  $d_{\phi}=2000$  мм.

Площадь одного фильтра, м<sup>2</sup>:

$$f_{H1} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ м}^2. \quad (6.48)$$

Количество фильтров:

$$N = \frac{F_{H1}}{f_{H1}} = \frac{10,3}{3,14} = 3,29 \text{ шт}, \text{ принимаем } 3 \text{ шт}. \quad (6.49)$$

Суммарная площадь катионитовых фильтров, м<sup>2</sup>:

$$\sum F_{H1} = N \cdot f_{H1} = 3 \cdot 3,14 = 9,42 \text{ м}^2. \quad (6.50)$$

Скорость фильтрации воды, величина которой при нормальном режиме не должна превышать 25 м/ч, а при форсированном - 30 м/ч:

$$V = \frac{Q_v}{\sum F_{H1}} = \frac{94}{9,42} = 10 \text{ м/ч.} \quad (6.51)$$

### 6.15 Расчет анионитовых фильтров

Сумма анионов в исходной воде, мг-экв/л:

$$\sum [A] = \frac{HCO_3}{61} + \frac{Cl}{35} + \frac{SiO_3}{38} + \frac{SO_4 O_3}{49} = \frac{217}{61} + \frac{110}{35} + \frac{58}{38} + \frac{139}{49} = 11,04 \text{ мг-экв/л.} \quad (6.52)$$

Расчетная скорость фильтрования для анионитовых фильтров 1-й ступени, м/с:

$$V_p = \frac{E_{\text{раб}} \cdot h - 5 \cdot h \cdot A}{T \cdot A + 0,02 \cdot E_{\text{раб}} \cdot \ln A - 0,1 \cdot \ln A}, \quad (6.53)$$

где  $h$  – высота загрузки анионитовых фильтров первой ступени,  $h=2,5$  м;

$A$  – содержание анионов сильных кислот в исходной воде,  $A=5,97$  г-экв/м<sup>3</sup>;

$T$  – продолжительность работы фильтра между регенерациями,

$$T = 24/n - t_1 - t_2 - t_3 = 24/2 - 0,25 - 1,5 - 3 = 7,25 \text{ ч;} \quad (6.54)$$

$t_1$  – продолжительность взрыхления анионита,  $t_1=0,25$  ч;

$t_2$  – продолжительность пропуска через анионит,  $t_2=1,5$  ч;

$t_3$  – продолжительность промывки анионита,  $t_3=3$  ч;

$n$  – число регенераций за сутки,  $n=2$ .

$$V_p = \frac{600 \cdot 2,5 - 5 \cdot 2,5 \cdot 5,97}{7,25 \cdot 5,97 + 0,02 \cdot 600 \cdot \text{Ln}5,97 - 0,1 \cdot \text{Ln}5,97} = 22,10 \text{ м/с}. \quad (6.55)$$

Площадь анионитовых фильтров первой ступени, м<sup>2</sup>:

$$F_{A1} = \frac{Q_{\text{сум}}}{n \cdot T \cdot V_p} = \frac{2256}{2 \cdot 7,25 \cdot 22,10} = 7,04 \text{ м}^2. \quad (6.56)$$

Подбираем  $d_{\text{ф}}=2600$  мм.

Площадь одного фильтра, м<sup>2</sup>:

$$f_{A1} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,6^2}{4} = 5,3 \text{ м}^2. \quad (6.57)$$

Количество фильтров:

$$N = \frac{F_{A1}}{f_{A1}} = \frac{8}{5,3} = 1,51, \text{ принимаем } 2 \text{ фильтра}. \quad (6.58)$$

Суммарная площадь анионитовых фильтров, м<sup>2</sup>:

$$\sum F_{a1} = N \cdot f_{A1} = 2 \cdot 5,3 = 10,6 \text{ м}^2. \quad (6.59)$$

## **6.16 Определение расходов частично обессоленной воды на собственные нужды установки**

Расход воды для приготовления регенерирующих растворов:

$$Q_p = \frac{24 \cdot Q_v}{10^4} \cdot \left( \frac{\sum K \cdot a_1}{b_1} + \frac{\sum A \cdot a_2}{b_2} \right), \quad (6.60)$$



где  $\sum K=0,3$  мг-экв/л, сумма катионов в фильтрате анионитовых фильтров 1-й ступени;

$\sum A=18,67$  мг-экв/л, сумма анионов сильных кислот, мг-экв/м<sup>3</sup>;

$a_1=120$  г/г-экв, удельный расход 100%-й кислоты;

$a_2=110$  г/г-экв, удельный расход щелочи, г/г-экв;

$b_1=65\%$ ,  $b_2=95\%$ , процентная концентрация регенерирующих растворов, %.

$$Q_p = \frac{24 \cdot 282}{10^4} \cdot \left( \frac{23,76 \cdot 120}{65} + \frac{5,97 \cdot 110}{95} \right) = 34,36 \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (6.61)$$

Расход воды на взрыхление ионита в фильтрах 1-й ступени, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{\text{взр}} = 0,06 \cdot t_{\text{в}} \cdot (N_1 \cdot n_1 \cdot f_{\text{Н1}} W_1 + N_2 \cdot n_2 \cdot f_{\text{А1}} \cdot W_2), \quad (6.62)$$

где  $t_{\text{в}}$  - продолжительность взрыхления, 15-20 минут;

$n_1$  = число регенераций из катионитовых фильтров 1 ступени,  $n_1=1-2$ ;

$n_2$ , - число регенераций анионитовых фильтров,  $n_2=1-2$ ;

$f_{\text{Н1}}$  м<sup>2</sup>-площадь катионитовых фильтров, м<sup>3</sup>,

$f_{\text{А1}}$  – площадь анионитовых фильтров, м<sup>3</sup>;

$N_1=2$ ,  $N_2=2$ – количество фильтров соответствующих групп;

$W_1$ ,  $W_2$  - интенсивность взрыхления ионитов соответствующих фильтров в л/сек·м<sup>2</sup>, принимается 5 л/сек м<sup>2</sup>.

На взрыхление ионитов в фильтрах 1-й ступени повторно используются отмытые воды, поэтому значения  $N_1$ ,  $n_1$ ,  $f_{\text{Н1}}$  и  $N_2$ ,  $n_2$ ,  $f_{\text{А1}}$  равны 0.

$$Q_{\text{взр}} = 0,06 \cdot 15 \cdot (3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 5 + 2 \cdot 2 \cdot 5,3 \cdot 5) = 180,18 \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (6.63)$$

Расчет воды для отмывки ионитов рассчитывается по формуле, м<sup>3</sup>/сут:

$$Q_{отм} = n_1 \cdot P_{H1} \cdot W_{H1} + n_2 \cdot P_{A2} \cdot W_{A2}, \quad (6.64)$$

где  $P_{H1}$ ,  $P_{A2}$ , – удельные расходы отмывочной воды, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, соответственно равны 8-10, 7-10;

$W_{H1} = 7,85$  м<sup>3</sup> – объемы катионита, м<sup>3</sup>;

$W_{A2} = 13,25$  м<sup>3</sup> – объемы анонита в рабочем состоянии, м<sup>3</sup>.

$$Q_{отм} = 2 \cdot 8 \cdot 7,85 + 2 \cdot 7 \cdot 13,25 = 311,1 \text{ м}^3 / \text{сут}. \quad (6.65)$$

Суммарный расход частично обессоленной воды на собственные нужды установки определяют так:

$$\sum Q = Q_p + Q_{взр} + Q_{отм} = 34,36 + 180,18 + 311,1 = 525,64 \text{ м}^3 / \text{сут}. \quad (6.66)$$

### 6.17 Расчет регенерационного хозяйства ионитовой установки

Находим емкость цистерн для хранения запаса концентрированных кислот:

$$W_y = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{сум} \cdot \Sigma[K] \cdot a_1 \cdot M}{10^4 \cdot b_1 \cdot \gamma}, \quad (6.67)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент по которому ведётся учёт расхода воды на собственные нужды установки:

$$\alpha_1 = \frac{\sum Q}{Q_{сум}} + 1 = \frac{525,64}{2256} + 1 = 1,23; \quad (6.68)$$

$\Sigma K=23,76$  г-экв/м – сумма катионов в обессоливаемой воде;

$a_1=1,23$  г/г-экв – удельный расход реагента 100%-ой концентрации для регенерации ионитов, г/г-экв;

$M$  – число суток, на которое рассчитан запас реагентов (20-30);  $M=20$  сут.

$b_1=65\%$  - концентрация реагентов в %;

$\gamma=1,6$  т/м<sup>3</sup> – удельный вес концентрированного реагента, т/м<sup>3</sup>.

$$W_y = \frac{1,23 \cdot 2256 \cdot 23,76 \cdot 120 \cdot 20}{10^4 \cdot 65 \cdot 1,55} = 157,05 \text{ м}^3. \quad (6.69)$$

Обессоливание воды осуществляют по одноступенчатой схеме, регенерации анионита проводят кальцинированной содой  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  или бикарбонатом натрия  $\text{NaHCO}_3$ .

Объём цистерны для  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  определяют по формуле:

$$W_y = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{сум}} \cdot (C_{\text{cl}} + C_{\text{SO}_4^{2-}}) \cdot a_2 \cdot M}{10^4 \cdot b_2 \cdot \gamma}, \quad (6.70)$$

где  $C_{\text{Cl}}=3,14$  мг-экв/л, концентрация хлорид-ионов в исходной воде, г-экв/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{SO}_4^{2-}}=2,83$  мг-экв/л, концентрация сульфат-ионов в исходной воде, г-экв/м<sup>3</sup>;

$$W_y = \frac{1,23 \cdot 2256 \cdot 5,97 \cdot 110 \cdot 20}{10000 \cdot 95 \cdot 1,55} = 24,75 \text{ м}^3. \quad (6.71)$$

Емкость мерника для серной кислоты, м<sup>3</sup>:

$$W_m = \frac{\alpha_1 \cdot Q_v \cdot \sum K \cdot t \cdot a_1 \cdot n}{10^4 \cdot b_1 \cdot \gamma \cdot N}, \quad (6.72)$$

где  $t=10,5$  ч, продолжительность работы катионитовых фильтров;

$n$  – число регенераций, на которые принимают запас реагента в мернике;

$N$  – число рабочих ионитовых фильтров.

$$W_m = \frac{1,23 \cdot 282 \cdot 23,76 \cdot 10,5 \cdot 120 \cdot 1}{10000 \cdot 65 \cdot 1,55 \cdot 3} = 3,43 \text{ м}^3. \quad (6.73)$$

Емкость бака с водой для взрыхления ионов,  $\text{м}^3$ :

$$W_{\text{б.в}} = 0,12 \cdot W_{\text{взрх}} \cdot f \cdot t_6, \quad (6.74)$$

$W_{\text{взр}}$  – интенсивность взрыхления (3-5 л/сек· $\text{м}^2$ );

$t_6$  – продолжительность взрыхления (15-20 мин);

$f$  – площадь ионитового фильтра.

Емкость бака для взрыхления катионитового фильтра 16,9

$$W_{\text{б.в}} = 0,12 \cdot W_{\text{взрх}} \cdot f \cdot t_6 = 0,12 \cdot 3 \cdot 3,14 \cdot 15 = 16,9 \text{ м}^3. \quad (6.75)$$

Емкость бака для взрыхления анионитового фильтра 2862

$$W_{\text{б.в}} = 0,12 \cdot W_{\text{взрх}} \cdot f \cdot t_6 = 0,12 \cdot 3 \cdot 5,3 \cdot 15 = 28,62 \text{ м}^3.$$

Определяем ёмкость баков для взрыхления ионитов для каждой ступени.

Емкость бака для сбора регулирующего раствора соды после анионитовых фильтров 1 ступени:

$$W_{\text{б.р.}} = \frac{\alpha_1 \cdot Q_u \cdot \sum A \cdot t \cdot a_2 \cdot n}{10^4 \cdot N \cdot \gamma \cdot [S \cdot b_2 + (1 - S) \cdot b_3]}, \quad (6.76)$$

где  $n$  – общее число работающих ионитовых фильтров 1 и 2 ступеней;

$n=2$  – расчётное число регенераций;

$S = 0,6$  – количество раствора в долях единицы, подаваемого для регенерации анионитового фильтра 2-й ступени концентрацией  $b_2=1,5\div 4\%$ ;

$b_3$  – концентрация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , равна  $0,2-0,3\%$ .

$$W_{\text{б.р.}} = \frac{1,23 \cdot 282 \cdot 5,97 \cdot 10,5 \cdot 110 \cdot 1}{10000 \cdot 4 \cdot 1,55 \cdot [0,6 \cdot 1,5 + (1 - 0,6) \cdot 0,4]} = 36,39 \text{ м}^3. \quad (6.77)$$

Ёмкость для сбора регенерирующего раствора от Н-катионитовых фильтров 1-й ступени:

$$W_{\text{б.р.}} = \frac{\alpha_1 \cdot Q_u \cdot \sum K \cdot t \cdot a_1 \cdot n}{10^4 \cdot N \cdot \gamma} = \frac{1,23 \cdot 282 \cdot 23,76 \cdot 10,5 \cdot 120 \cdot 1}{10000 \cdot 3 \cdot 1,55} = 223,31 \text{ м}^3. \quad (6.78)$$

Для сбора кислых отмывочных вод после катионитовых фильтров,  $\text{м}^3$ :

$$W_{\text{б.к}} = 6 \cdot f_{\text{H}_2} \cdot h = 6 \cdot 3,14 \cdot 2,5 = 47,1 \text{ м}^3. \quad (6.79)$$

Для сбора щелочных вод после анионитовых фильтров,  $\text{м}^3$ :

$$W_{\text{б.щ}} = 6 \cdot f_{\text{A}_2} \cdot h = 6 \cdot 5,3 \cdot 2,5 = 79,5 \text{ м}^3. \quad (6.80)$$

## 6.18 Расчет дегазатора

Между катионитовыми и анионитовыми фильтрами или в конце установки размещают дегазатор для удаления свободной углекислоты  $CO_2$ .

Свободная углекислота весьма активна. Наличие ее в воде вызывает коррозию бетонных сооружений и металлических труб. Наиболее целесообразны пленочные дегазаторы, загруженные насадкой и оборудованные вентиляторами для принудительной подачи воздуха снизу. Насадкой могут служить либо керамические кольца Рашига, либо деревянные хордовые насадки. Фактическое содержание  $CO_2$  в воде определяется:

$$[CO_2]_{факт} = [CO_2]_{ист} \cdot \beta \cdot \tau, \quad (6.81)$$

где  $\beta = 0,83$  – поправка на солесодержание речной воды;

$\tau = 1$  - поправка на температуру;

$\beta$  и  $\tau$  находим интерполяцией.

$$[CO_2]_{факт} = 39 \cdot 0,92 \cdot 0,83 = 29,8. \quad (6.82)$$

Содержание углекислоты подаваемое на дегазатор определяется по формуле:

$$[CO_2]_{дег} = [CO_2]_{факт} + 44 \cdot Щ, \quad (6.83)$$

где  $Щ = 3,55$  щелочность воды, мг-экв/л.

$$[CO_2]_{дег} = 29,8 + 44 \cdot 3,55 = 186,3. \quad (6.84)$$

Площадь поперечного сечения дегазатора, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{дез}} = Q_{\text{час}} / P_o = 282 / 60 = 4,7 \text{ м}^2, \quad (6.85)$$

где  $P_o$  - плотность орошения на 1 м<sup>2</sup> площади дегазатора м<sup>3</sup>/ч, равная для насадки из колец Рашига 60 м<sup>3</sup>/ч и при деревянной хордовой насадке 40 м<sup>3</sup>/ч.

Высота слоя насадки в дегазаторе находится подбирается в зависимости от содержания от свободной углекислоты в воде.

Высота слоя насадки – 5 м.

Вентилятор дегазатора должен обеспечивать подачу удельного расхода воздуха 20 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> воды, подаваемой в дегазатор.

Необходимый напор, развиваемый вентилятором, определяется с учетом потерь напора в насадке из колец Рашига, которые принимают равным 30 мм вод. ст. на 1 м высоты слоя насадки, а также величины прочих потерь напора, составляющих 30-40 мм вод. ст.

$$Q_{\text{воз}} = 20 \cdot Q_{\text{ч}} = 94 \cdot 20 = 1880 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \text{ воды}; \quad (6.86)$$

$$H_{\text{нап. вент}} = 40 + 150 = 190 \text{ мм вод. ст.} \quad (6.87)$$

### 6.19 Расчет резервуара Р5.1

Объем резервуара, м<sup>3</sup>:

$$W_p = \frac{5 \cdot Q_{\text{ном}}}{60} = \frac{5 \cdot 94}{60} = 7,8 \text{ м}^3 \quad (6.88)$$

Принимаем не типовой железобетонный резервуар  $W_p=9 \text{ м}^3$ , размеры в плане  $L \cdot B=2,1 \cdot 2,1 \text{ м}$ , глубина воды 2 м.

Резервуар P5.2 принимаем такой же как P5.1, так как расход и объем резервуара аналогичен.

## 6.20 Расчет и проектирование насосной станции НС5.1

НС5.1 подает воду из P5.1 на обессоливание и опреснение воды. Расчетная производительность НС5.1 равна количеству воды, подаваемой в отстойники.

Потребный напор, м:

$$H_{нас} = z_1 - z_2 + h_{нс} + h_c + h_\phi + H_{тр} , \quad (6.89)$$

где  $z_1$  – отметка, на которую подается вода на ионитовые фильтры,  $z_1 = z_{пл.} + 5 \text{ м} = 133,5 + 5 = 138,5 \text{ м}$ ,

$z_2$  – минимальный уровень воды в резервуаре P1.1,  $z_2 = 135,5 - 3 = 132,5 \text{ м}$ ;

$h_{нс}$  – потери напора в насосной станции,  $h_{нс} = 2 \text{ м}$ ;

$h_c$  – потери напора в трубопроводах,  $h_c = 5 \text{ м}$ ;

$h_\phi$  – потери воды на фильтре,  $h_\phi = 7 \text{ м}$ ;

$H_{тр}$  – требуемый напор в точке подачи воды,  $H_{тр} = 15 \text{ м}$ .

Потребный напор, м:

$$H_{нас} = 138,5 - 132,5 + 2 + 5 + 7 + 15 = 35,5 \text{ м}. \quad (6.90)$$

Подбираем насосы марки Д 320-50,  $n=1450 \text{ мин}^{-1}$ ,  $D_k = 340 \text{ мм}$ ,  $L=1685 \text{ мм}$ ,  $B=660 \text{ мм}$ . Принимаем один рабочий насос и один резервный.



## 6.21 Расчет и проектирование насосной станции НС5.2

Насосная станция НС5.2 подает воду из резервуара Р5.2 водопотребителю. Производительность станции равна максимальному часовому водопотреблению.

Потребный напор насосов, м:

$$H_{нас} = z_1 - z_2 + h_{нс} + h_c + H_{тр}, \quad (6.91)$$

где  $z_1$  – отметка поверхности земли у потребителя,  $z_1 = 134$  м;

$z_2$  – минимальный уровень воды в резервуаре,  $z_2 = 132,5$  м;

$h_{нс}$  – потери напора на НС,  $h_{нс} = 2,0$  м;

$h_c$  – потери напора в трубопроводах,  $h_c = 5$  м;

$H_{тр}$  – требуемый напор у потребителя,  $H_{тр} = 15$  м.

Потребный напор насосов, м:

$$H_{нас} = 134 - 132,5 + 2 + 5 + 15 = 23,5 \text{ м}^3. \quad (6.92)$$

*Подбираем насосы марки Д 320-50,  $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$ ,  $D_k = 340 \text{ мм}$ ,  $L = 1685 \text{ мм}$ ,  $B = 660 \text{ мм}$ . Принимаем один рабочий насос и один резервный.*

## 7. Расчет экономических показателей

### 7.1 Эксплуатационные расходы и себестоимость продукции систем водоснабжения

Расчет эксплуатационных затрат по системам водоснабжения можно осуществлять с помощью формулы:

$$C=C_a+C_э+C_{тр}+C_m+C_{зн}+C_{стр}+C_ц+C_t+C_{пр}, \quad (7.1)$$

где  $C$  – суммарные эксплуатационные расходы;

$C_a$  – амортизационные отчисления по сооружениям, оборудованию и другим основным фондам;

$C_э$  – затраты на электроэнергию, расходуемые на производственные нужды;

$C_{тр}$  – затраты на текущий ремонт;

$C_m$  – затраты на материалы, реагенты;

$C_{зн}$  – заработная плата производственных рабочих;

$C_{стр}$  – страховые взносы;

$C_ц$  – затраты на цеховые и общеэксплуатационные расходы;

$C_t$  – затраты на топливо;

$C_{пр}$  – прочие производственные расходы.

$$C=10230,382+16292,7+94119,5+1020,6+14544,04+4363,2+118893,9+8259,9+9884,6 = 277608,822 \text{ тыс.руб / год.}$$

### 7.1.1 Амортизационные отчисления

Определение суммы амортизационных отчислений производится по формуле:

$$C_a = \Phi_{осн} \cdot H_{ам}, \quad (7.2)$$

где  $\Phi_{осн}$  – стоимость основных фондов системы ВиВ (сумма итога по локальной смете, итога по объектному сметному расчету, стоимости оборудования);

$H_{ам}$  – норма амортизационных отчислений, принимается 5%.

$$C_a = 204607644 \cdot 0,05 = 10230,382 \text{ тыс.руб/год.}$$

### 7.1.2 Затраты на электроэнергию, расходуемые на производственные нужды

Данные расчета стоимости электроэнергии по сооружениям приводятся в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Расчет стоимости электроэнергии по всему комплексу сооружений

Наименование электрооборудования	Количество, шт.	Мощность одного, кВт	Установленная мощность, кВт
ЦМК 2/317	2	132	264
Насос марки Д 360-90	2	55	110
Насос марки Д 200-21	1	22	22
Насос марки Д 320-50	2	40	80
Насос марки Д 2000-21	1	55	55
Насос марки GRUNDFOS NK 300-360/176	3	0,75	2,25
Газовоздуходувка роторная	1	52,8	52,8
Итого:			586,05

Расчет производится по формуле:

$$C_э = N_m \cdot Ц_m + N_m \cdot T_{исп} \cdot Ц_a, \quad (7.3)$$

где  $N_m$  – суммарная заявленная максимальная мощность всех электродвигателей системы водоснабжения или водоотведения без учета резервных, кВт;

$Ц_m$  – тариф за 1 кВт максимальной мощности в год, руб;

$T_{исп}$  – время использования оборудования за год, час;

$Ц_a$  – тариф за 1 кВт отпущенной (активной) электроэнергии, руб.

$$C_{\text{с}} = 586,05 \cdot 32 + 586,05 \cdot 8760 \cdot 3,17 = 16292,7 \text{ тыс.руб/год.}$$

### 7.1.3 Затраты на все виды ремонтов

Размер отчислений в ремонтный фонд принимается в процентах от сметной стоимости:

по водоснабжению – 4,6%.

Затраты на ремонт определяются по формуле:

$$C_{\text{тр}} = \Phi_{\text{осн}} \cdot P_{\text{тр}}, \quad (7.4)$$

где  $P_{\text{тр}}$  – размер отчислений на текущий ремонт, %

$\Phi_{\text{осн}}$  – стоимость основных фондов систем ВиВ, тыс. руб. (сумма итога по локальной смете, итога по объектному сметному расчету, стоимости оборудования).

$$C_{\text{тр}} = 204607644 \cdot 0,46 = 94119,5 \text{ тыс.руб/год.}$$

### 7.1.4 Затраты на реагенты и материалы

Расчет необходимого количества коагулянта полиалюминияхлорид железа для очистки нефтесодержащих сточных вод составляет 58400 кг/год.

Стоимость реагентов:

Катионит объемом  $7,85 \text{ м}^3 = 7850 \text{ л.}$ , стоимость 1 л - 130 руб., стоимость катионита:

$$C_{\text{кат}} = 7850 \cdot 130 = 1020,5 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость анионита объемом  $13,6 \text{ м}^3$ , плотностью  $0,73 \text{ т/м}^3$ , вес анионита  $9,7 \text{ кг}$  или стоимость  $102 \text{ руб.} = 0,102 \text{ тыс.руб.}$

Общая стоимость реагентов:

$$C_{\text{м}} = 1020,5 + 0,102 = 1020,602 \text{ тыс.руб.}$$

### 7.1.5 Затраты на заработную плату производственных рабочих

В целях упрощения и сокращения расчетов в практике экономических обоснований проектных вариантов применяется штатный коэффициент численности производственного персонала в зависимости от производительности станций и протяженности сетей ВиВ.

Штатные коэффициенты разработаны на основе нормативов численности рабочих, обслуживающих сооружения приведены в [41, приложение Д]. Годовой фонд заработной платы рабочих рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{зн}} = 1,3 \cdot Q_o \cdot \Phi_3 \cdot Ш_{\text{к}}, \quad (7.5)$$

где  $1,3$  – коэффициент, учитывающий размер премиального фонда и дополнительную ЗП;

$Q_o$  – мощность объекта (производительность насосной станции или очи-стных сооружений), тыс.  $\text{м}^3/\text{сут.}$

$\Phi_3$  – годовая ЗП одного рабочего, принимается в среднем равной  $300$  тыс. руб.

$Ш_{\text{к}}$  – штатный коэффициент, принимается по [41, приложение Е].

$$C_{\text{зн}} = 1,3 \cdot 24861,6 \cdot 300 \cdot 1,5 = 14544,04 \text{ тыс.руб/год.}$$

### 7.1.6 Страховые взносы

По данной статье определяются размеры отчислений по установленным законодательством нормам в государственные внебюджетные социальные фонды от затрат на оплату труда работников, определенных в статье "Затраты на оплату труда" и рассчитывается по формуле:

$$C_{осн} = C_{зн} \cdot H_{ст}, \quad (7.6)$$

где  $H_{ст}$  – ставки страховых взносов.

$$C_{осн} = 14544,04 \cdot 0,3 = 4363,2 \text{ тыс.руб/год.}$$

### 7.1.7 Затраты на цеховые и общеэксплуатационные расходы

Размер затрат на цеховые и общеэксплуатационные расходы складывается из основной и дополнительной ЗП цехового и административно-управленческого персонала, расходов по охране труда и технике безопасности.

В укрупненных экономических расчетах при сравнении вариантов проектных решений эти затраты принимаются по формуле:

$$C_{ц} = 0,3 \cdot (C_a + C_{мп} + C_{зн}), \quad (7.7)$$

$$C_{ц} = 0,3 \cdot (10230,382 + 94119,5 + 14544,04) = 118893,9 \text{ тыс.руб/год.}$$

### 7.1.8 Затраты на топливо и тепловую энергию

Годовые затраты на топливо определяются по формуле

$$C_m = Q \cdot C_m \cdot 1,2, \quad (7.8)$$

где  $Q$  – годовой расход тепла, принимается по [41, приложение Ж табл. 1], Гкал/г.

$C_m$  – тариф на 1 Гкал тепла, принимается по [41, приложение Ж],

1,2 – коэффициент, учитывающий теплоснабжение очистных сооружений от котельной.

$$C_m = 54306 \cdot 1231,6 \cdot 1,2 = 80259,9 \text{ тыс.руб/год.}$$

### 7.1.9 Прочие производственные расходы

**Прочие производственные расходы связаны с содержанием автотранспорта, освещением и отоплением производственных и административных зданий. В укрупненных экономических расчетах их величина принимается по формуле**

$$C_{np} = 0,03 \cdot (C_{mp} + C_s + C_m + C_{zn} + C_{ocn} + C_{ц} + C_m), \quad (7.9)$$

$$C_{np} = 0,03 \cdot (94119,5 + 16292,7 + 1020,6 + 14544,04 + 4363,2 + 118893,9 + 80252,9) = 9884,6 \text{ тыс.руб/год.}$$

Располагая данными по годовым эксплуатационным затратам, можно определить себестоимость отведения воды. Расчетная проектная себестоимость рассчитывается по формуле

$$C_{\delta} = \frac{C}{Q_y}, \quad (7.10)$$

где  $Q_y$  – годовой объем услуг;

$C$  – сумма годовых эксплуатационных затрат.

$$C_{\phi} = \frac{C}{Q_y} = \frac{277608,822}{24861,6 \cdot 365} = 0,0305 \text{ тыс.руб.} = 30,59 \text{ руб} / \text{м}^3$$

Результаты расчетов по всем статьям годовых эксплуатационных затрат в таблицу 7.2.

Таблица 7.2 – Расчет по всем статьям годовых эксплуатационных затрат

Наименование статей расходов	Годовые расходы	
	в тыс.руб	в % к итогу
Амортизационные отчисления	10230,382	2,92
Текущий ремонт	94119,5	26,92
Затраты на электроэнергию	16292,7	4,66
Затраты на реагенты, материалы	1020,6	0,29
Затраты на заработную плату	14544,04	4,16
Страховые взносы	4363,2	1,24
Затраты на цеховые и общеэксплуатационные затраты	118893,9	34,00
Затраты на топливо и тепловую энергию	80259,9	22,95
Прочие производственные расходы	9884,6	2,82
Всего годовых эксплуатационных затрат	349608,822	



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание замкнутых систем водного хозяйства промышленного предприятия играет одну из ключевых ролей в технологическом процессе производства пенополиуретана. Поэтому при выполнении выпускной квалификационной работы была рассмотрена и спроектирована система водоснабжения и водоотведения завода по производству пенополиуретана.

Была применена смешанная система водоснабжения, разработана система подготовки воды для машины вспенивания, система охлаждения производственного сырья. В результате проведенных расчётов был рассчитан и выбран тип водозабора, а также выбран метод подготовки воды для производственных целей. Проведен расчет очистных сооружений, определены безвозвратные потери воды, а также проведен расчет циркуляционных насосных станций и подобрано технологическое оборудование.

Также был проведен технико-экономический расчет и определена себестоимость одного м<sup>3</sup> воды, на основе локальной сметы на установку водоочистного оборудования оборотной системы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 2.316–2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения. Взамен ГОСТ 2.316–68; дата введ. 01.07.2009. М.: Стандартиформ. – 2009. – 12 с.
2. ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент. – М. – 1978. – 29 с.
3. ГОСТ 9698-86 Задвижки. Основные параметры. – М. – 1986. – 6 с.
4. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент. – М.: Стандартиформ. – 2007. – 18 с.
5. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности (с Изменениями №1). – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России. – 2009. – 20 с.
6. СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84. – Ред. 30.12.2015. – М.: ФАУ «ФЦС». – 2012. – 139 с.
7. СНиП II 89-80. Строительные нормы и правила. Генеральные планы промышленных предприятий. – М.: Стройиздат. – 1981. – 28 с.
8. ГСН 81-05-01-2001. Сборник сметных норм затрат на строительство временных зданий и сооружений при производстве ремонтно-строительных работ. – М. – 2001. – 8 с.
9. ГСН 81-05-02-2007. Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время. – М. – 2007. – 46 с.
10. Гусаковский В.Б., Вуглинская Е.Э. Водоснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие для студентов специальности 290800 – водоснабжение и водоотведение, СПбГАСУ. – СПб. – 2003. – 155 с.

11. Иванов В. Г. Водоснабжение промышленных предприятий: Учебное пособие. – СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения. – 2003. – 537 с.
12. Курганов А. М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения: Учебное пособие / Изд-во «АСВ», СПбГАСУ. – М; СПб. – 1998. – 246 с.
13. Журба М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. В 3-х томах. – Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод. Вологда-Москва: ВоГТУ. – 2001. – 324 с.
14. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ. Пособие. – 8-е изд., перераб. и доп. М.: ООО «БАСТЕТ». – 2007. – 336 с.
15. Лукиных А. А., Лукиных Н. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского. Изд. 4-е, доп. М.: Стройиздат. – 1974. – 156 с.
16. Шкилева А.А. Экономика водоснабжения и водоотведения: методические указания к курсовой и выпускной квалификационной работе (экономический раздел) для направления 08.03.01 «Строительство» профиль: «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения. Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ». – 2015. – 49 с.
17. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. Учебн. пособие для вузов. – М.: Издательство МГУ. – 2001. – 680 с.
18. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения») / ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР. – 1989. – 190 с.
19. Линевич С.Н., Гетманцев С.В. Современные и перспективные методы и технологии кондиционирования природных вод в водоснабжении. – Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (Новочеркас; политехн. ин-т); ОАО «АУРАТ» – М.: ООО «ГК ИТЛ». – 2013. – 324 с.

20. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод: науч. изд. – М. – 2005. – 576 с.
21. Яковлев С.В., Губий И.Г., Павлинова И.И., Родин В.Н. Комплексное использование водных ресурсов: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк. – 2005. – 384 с.
22. Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И., Никулин В.А., Кляйн С.Э., Аксенов Е.В. Водное хозяйство промышленных предприятий: Справочное издание: В 4-х книгах. Книга 1 / Под ред. В.И. Аксенова. – М.: Теплотехник. – 2005. – 640 с.
23. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт. – 2004. – 328 с.
24. Репин Б.Н., Запорожец С.С., Ереснов В.Н. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Под ред. Репина Б.Н. – М.: Высш. шк. – 1995. – 431 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

**Локальный сметный расчет установки водоочистного оборудования**

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 г.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2020 г.

**Промышленное предприятие по производству полистирола**  
(наименование стройки)

**ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ №**  
(локальная смета)

**на Установка водоочистного оборудования**

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: Проектная документация

Сметная стоимость \_\_\_\_\_ 204 607 644 руб.

строительных работ \_\_\_\_\_ 141188742 руб.

монтажных работ \_\_\_\_\_ 3620275 руб.

прочих \_\_\_\_\_ 9071415 руб.

Средства на оплату труда \_\_\_\_\_ 1639946 руб.

Сметная трудоемкость \_\_\_\_\_ 132580,35 чел.час

Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на 1 квартал 2020 г.

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы, руб.			Общая стоимость, руб.			Т/з осн. раб. на ед.	Т/з осн. раб. Всего	Т/з мех. на ед.	Т/з мех. Всего		
					Всего	В том числе		Всего	В том числе							
						Осн.З/п	Эк.Маш		З/пМех	Осн.З/п					Эк.Маш	З/пМех
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>Раздел 1. Монтажные работы</b>																
Установка оборудования																
Вентиляторные градирни - 2 шт.																
1	<b>ТЕР06-01-072-01</b> <i>Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Устройство водосборного бассейна одновентиляторных и секционных вентиляторных градирен при сборных стенах <i>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общеотраслевое строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26</i>	100 м3 железобетона в деле	0,56 <i>28*2/100</i>	204790,36	5473,99	5468,54	341,04	114683	3065	3062	191	518,37	290,29	22,95	12,85
Радиальные отстойники Д-40 м - 3 шт.																

ГРАНД-Смета 2020

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2	<b>ТЕР06-01-062-05</b> <i>Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Устройство железобетонных конструкций отстойников, резервуаров и прочих сооружений при днищах бункерного типа <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно):</b> 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 железобетона в деле	24,1152 $(3,14*40*40/4+3,14*40*6)*0,4*3/100$	293630,18	29805,75	29367,96	3037,57	7080951	718772	708214	73252	2692,48	64929,69	204,55	4932,76
Водозабор русловый																
<b>РЕЗЕРВУАРЫ</b>																
Резервуар V-10 м3 - 1 шт.																
3	<b>ТЕР06-01-062-04</b> <i>Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Устройство стен и плоских днищ при толщине более 150 мм прямоугольных сооружений <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно):</b> 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 железобетона в деле	0,128 $((2+3)*2*2+2*3^2)*0,4/100$	226621,66	7889,08	10631,74	1116,57	29008	1010	1361	143	729,12	93,33	75,19	9,62
Резервуар V-2000 м3 - 2 шт.																
4	<b>ТЕР06-01-062-04</b> <i>Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Устройство стен и плоских днищ при толщине более 150 мм прямоугольных сооружений <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно):</b> 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 железобетона в деле	8,64 $((30+10)*2*6+30*10*2)*0,4*2/100$	226621,66	7889,08	10631,74	1116,57	1958011	68162	91858	9647	729,12	6299,6	75,19	649,64
Резервуар V-3000 м3 - 1 шт.																
5	<b>ТЕР06-01-062-04</b> <i>Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Устройство стен и плоских днищ при толщине более 150 мм прямоугольных сооружений <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно):</b> 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 железобетона в деле	8,8 $((30+20)*2*10+30*20*2)*0,4/100$	226621,66	7889,08	10631,74	1116,57	1994271	69424	93559	9826	729,12	6416,26	75,19	661,67
Резервуар V-72 м3 - 3 шт.																
6	<b>ТЕР06-01-062-04</b> <i>Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Устройство стен и плоских днищ при толщине более 150 мм прямоугольных сооружений <b>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно):</b> 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 железобетона в деле	2,304 $((6*4)*2*3+6*4*2)*0,4*3/100$	226621,66	7889,08	10631,74	1116,57	522136	18176	24496	2573	729,12	1679,89	75,19	173,24
Циркуляционная насосная станция (размером 50*60 м)																

ГРАНД-Смета 2020

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	<b>ТЕР21-01-015-01</b> <i>Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Сборка временных зданий со стальным каркасом и многослойными панелями складов отапливаемых и неотапливаемых объемом до 1000 м3 <i>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26</i>	100 м3 здания	120 <i>(50*60*4) / 100</i>	19550,27	3514,1	4587,79	397,19	2346032	421692	550535	47663	336,6	40392	28,03	3363,6
Катионитовые фильтры - 4 шт. (Д-2000 мм)																
8	<b>ТЕРМ06-03-001-03</b> <i>Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Фильтр осветлительный вертикальный, высота фильтрующей загрузки 1 м, диаметр 2000 мм, однокамерный <i>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26</i>	1 т	4	8078,97	3231,36	1528,85	94,38	32316	12925	6115	378	306	1224	6,6	26,4
9	<b>Прайс</b>	Фильтр катионитовый (Цбаз=150000 руб. с НДС/1,2/8,26) <i>МАТ=150000/1,2/8,26 ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26</i>	шт	4	15133,17 <i>150000/1,2/8,26</i>				60533							
Анионитовые фильтры - 3 шт. (Д-2600 мм)																
10	<b>ТЕРМ06-03-001-04</b> <i>Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Фильтр осветлительный вертикальный, высота фильтрующей загрузки 1 м, диаметр 2600 мм, однокамерный <i>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26</i>	1 т	3	5868,7	2354,88	1167,16	71,64	17606	7065	3501	215	223	669	5,01	15,03
11	<b>Прайс</b>	Фильтр анионитовый (Цбаз=140000 руб. с НДС/1,2/8,26) <i>МАТ=140000/1,2/8,26 ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26</i>	шт	3	14124,29 <i>140000/1,2/8,26</i>				42373							
Установка насосов																
12	<b>ТЕРМ07-04-001-02</b> <i>Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О</i>	Агрегат насосный лопастный центробежный одноступенчатый, многоступенчатый объемный, вихревой, поршневой, приводной, роторный на общей фундаментной плите или моноблочный, масса 0,17 т <i>ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26</i>	1 шт.	3	676,75	339,75	82,48	1,49	2030	1019	247	4	31,4	94,2	0,1	0,3



ГРАНД-Смета 2020

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
13	<b>Прайс</b>	Насос Иртыш ЦМК2/315 (Цбаз=80000 руб. с НДС/1,2/8,26) МАТ=80000/1,2/8,26 ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	шт	3	8071,03 80000/1,2/8,26				24213							
14	<b>ТЕРм07-04-001-06</b> Пр. Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Агрегат насосный лопастный центробежный одноступенчатый, многоступенчатый объемный, вихревой, поршневого, приводной, роторный на общей фундаментной плите или моноблочный, масса 1,1 т ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	1 шт.	4	1338,5	516,37	245,18	9,21	5354	2065	981	37	47,2	188,8	0,62	2,48
15	<b>Прайс</b>	Насос Грундфос НК300-360 (Цбаз=250000 руб. с НДС/1,2/8,26) МАТ=250000/1,2/8,26 ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	шт	4	25221,95 250000/1,2/8,26				100888							
Дегазатор (2 блока по 10 шт.)																
16	<b>ТЕРм37-01-002-01</b> Пр. Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Монтаж оборудования без механизмов в помещении, масса оборудования 0,03 т (1.37.8.ОП При замене мостового крана такелажными средствами (Затраты на эксплуатацию такелажных средств определяется по времени работы мостового крана с коэффициентом 1,4) ОЗП=1,4; ЗПМ=1,3; ТЗ=1,4; ТЗМ=1,3) ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	1 шт.	20 2*10	568,26	269,07	49,59		11365	5381	992		25,48	509,6		
17	<b>Прайс</b>	Дегазатор (Цбаз=5000 руб. с НДС/1,2/8,26) МАТ=50000/1,2/8,26 ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	шт	20 2*10	5044,39 50000/1,2/8,26				100888							
<b>Раздел 2. Пусконаладочные работы</b>																
Вентиляторные градирни - 2 шт.																

ГРАНД-Смета 2020

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
18	<b>ТЕРп09-01-053-02</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Градирия вентиляторная секционного типа, производительность до 20000 м3/сут ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 2 Индекс 1 квартала 2020 г. (пусконаладочные работы) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=27,32	1 узел	2	35378,18	35378,18			70756	70756			1975	3950		
Радиальные отстойники Д-40 м - 3 шт.																
19	<b>ТЕРп09-01-015-03</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Отстойник, производительность до 25000 м3/сут ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 2 Индекс 1 квартала 2020 г. (пусконаладочные работы) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=27,32	1 узел	3	4746,95	4746,95			14241	14241			265	795		
Водозабор русловый																
РЕЗЕРВУАРЫ																
Резервуар V-10 м3 - 1 шт.																
20	<b>ТЕР06-01-071-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Испытание емкостей на водонепроницаемость ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 емкости	0,1 10/100	9652,86	73,19	13,33		965	7	1		7,87	0,79		
Резервуар V-2000 м3 - 2 шт.																
21	<b>ТЕР06-01-071-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Испытание емкостей на водонепроницаемость ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 емкости	40 2000*2/100	9652,86	73,19	13,33		386114	2928	533		7,87	314,8		
Резервуар V-3000 м3 - 1 шт.																
22	<b>ТЕР06-01-071-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Испытание емкостей на водонепроницаемость ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 емкости	30 3000/100	9652,86	73,19	13,33		289586	2196	400		7,87	236,1		
Резервуар V-72 м3 - 3 шт.																
23	<b>ТЕР06-01-071-01</b> Пр.Минстроя Краснояр.кр. от 12.11.10 №237-О	Испытание емкостей на водонепроницаемость ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 1 Индекс 1 квартала 2020 г. (общепромышленное строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26	100 м3 емкости	2,16 72*3/100	9652,86	73,19	13,33		20850	158	29		7,87	17		
Катионитовые фиолтры - 4 шт.																

ГРАНД-Смета 2020

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
24	<b>ТЕРп09-01-025-03</b> Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О	Фильтр, производительность до 20000 м3/сут ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 2 Индекс 1 квартала 2020 г. (пусконаладочные работы) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=27,32	1 узел	4	6932,33	6932,33			27729	27729			387	1548			
Анионитовые фильтры - 3 шт. (Д-2600 мм)																	
25	<b>ТЕРп09-01-025-03</b> Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О	Фильтр, производительность до 20000 м3/сут ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 2 Индекс 1 квартала 2020 г. (пусконаладочные работы) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=27,32	1 узел	3	6932,33	6932,33			20797	20797			387	1161			
Насосы																	
26	<b>ТЕРп09-03-001-01</b> Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О	Установка перекачки воды, сточных вод, осадка, группа насосов одного назначения, производительность до 1200 м3/сут ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 2 Индекс 1 квартала 2020 г. (пусконаладочные работы) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=27,32	1 узел	3	2522,05	2522,05			7566	7566			157	471			
27	<b>ТЕРп09-03-001-02</b> Пр. Минстроя Краснояр. кр. от 12.11.10 №237-О	Установка перекачки воды, сточных вод, осадка, группа насосов одного назначения, производительность до 12000 м3/сут ИНДЕКС К ПОЗИЦИИ(справочно): 2 Индекс 1 квартала 2020 г. (пусконаладочные работы) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=27,32	1 узел	4	5220,8	5220,8			20883	20883			325	1300			
Итого прямые затраты по смете в базисных ценах									15302145	1496017	1485884	143929		132580,4		9847,59	
Накладные расходы									1607641								
Сметная прибыль									953615								
<b>Итого по смете:</b>																	
Итого по Строительным работам																	
Бетонные и железобетонные монолитные конструкции в промышленном строительстве:																	
Итого Поз. 1-6, 20-23									12396575	883898	923513	95632		80277,75		6439,78	
Накладные расходы 105% ФОТ (от 979 530)									1028507								
Сметная прибыль 65% ФОТ (от 979 530)									636695								
Итого с накладными и см. прибылью									14061777					80277,75		6439,78	
Временные сборно-разборные здания и сооружения:																	
Итого Поз. 7									2346032	421692	550535	47663		40392		3363,6	
Накладные расходы 96% ФОТ (от 469 355)									450581								
Сметная прибыль 50% ФОТ (от 469 355)									234678								

ГРАНД-Смета 2020

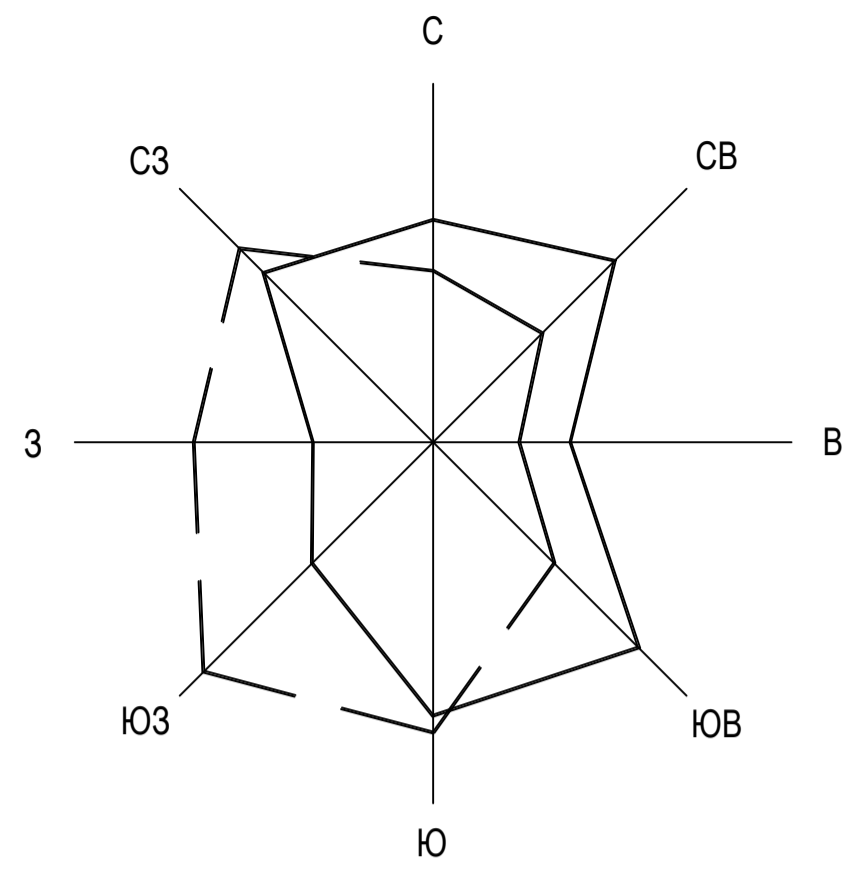
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Итого с накладными и см. прибылью								3031291					40392		3363,6
	Итого								17093068					120669,8		9803,38
	Всего с учетом "Индекс 1 квартала 2020 г. (общеотраслевое строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26"								141188742					120669,8		9803,38
	Итоги по Монтажным работам															
	Монтаж оборудования:															
	Итого Поз. 8-17								397566	28455	11836	634		2685,6		44,21
	Накладные расходы 80% ФОТ (от 29 089)								23271							
	Сметная прибыль 60% ФОТ (от 29 089)								17453							
	Итого с накладными и см. прибылью								438290					2685,6		44,21
	Итого								438290					2685,6		44,21
	Всего с учетом "Индекс 1 квартала 2020 г. (общеотраслевое строительство) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=8,26"								3620275					2685,6		44,21
	Итоги по Прочим затратам															
	Пусконаладочные работы: 'вхолостую' - 25%, 'под нагрузкой' - 75%:															
	Итого Поз. 18-19, 24-25								133523	133523				7454		
	Накладные расходы 65% ФОТ (от 133 523)								86790							
	Сметная прибыль 40% ФОТ (от 133 523)								53409							
	Итого с накладными и см. прибылью								273722					7454		
	Пусконаладочные работы: 'вхолостую' - 10%, 'под нагрузкой' - 90%:															
	Итого Поз. 26-27								28449	28449				1771		
	Накладные расходы 65% ФОТ (от 28 449)								18492							
	Сметная прибыль 40% ФОТ (от 28 449)								11380							
	Итого с накладными и см. прибылью								58321					1771		
	Итого								332043					9225		
	Всего с учетом "Индекс 1 квартала 2020 г. (пусконаладочные работы) - ИСМ 81-24-2020-01 по Красноярскому краю СМР=27,32"								9071415					9225		
	Итого								153880432					132580,4		9847,59
	Справочно, в базисных ценах:															
	Материалы								12320244							
	Машины и механизмы								1485884							
	ФОТ								1639946							
	Накладные расходы								1607641							
	Сметная прибыль								953615							
	Итого СМР для расчета лимитированных затрат								144809017							
	Временные здания и сооружения, предприятия химической промышленности: прочие объекты химической промышленности - ГСН-81-05-01-2001 п.1.6.2 3,3%								4778698							
	<b>Итого</b>								<b>149587715</b>							

ГРАНД-Смета 2020

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Производство работ в зимнее время, предприятия химической промышленности - ГСН-81-05-02-2007 п.1.7 4,6%									6881035								
<b>Итого</b>									<b>156468750</b>								
Итого с прочими затратами (9 071 415)									165540165								
Непредвиденные затраты для объектов производственного назначения - 3% 3%									4966205								
<b>Итого с непредвиденными</b>									<b>170506370</b>								
НДС 20%									34101274								
<b>ВСЕГО по смете</b>									<b>204607644</b>					<b>132580,4</b>		<b>9847,59</b>	

Составил: \_\_\_\_\_  
 (должность, подпись, расшифровка)

# ПЛАН ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА М 1:200



— - январь  
 - - - - июль

## Условные обозначения:

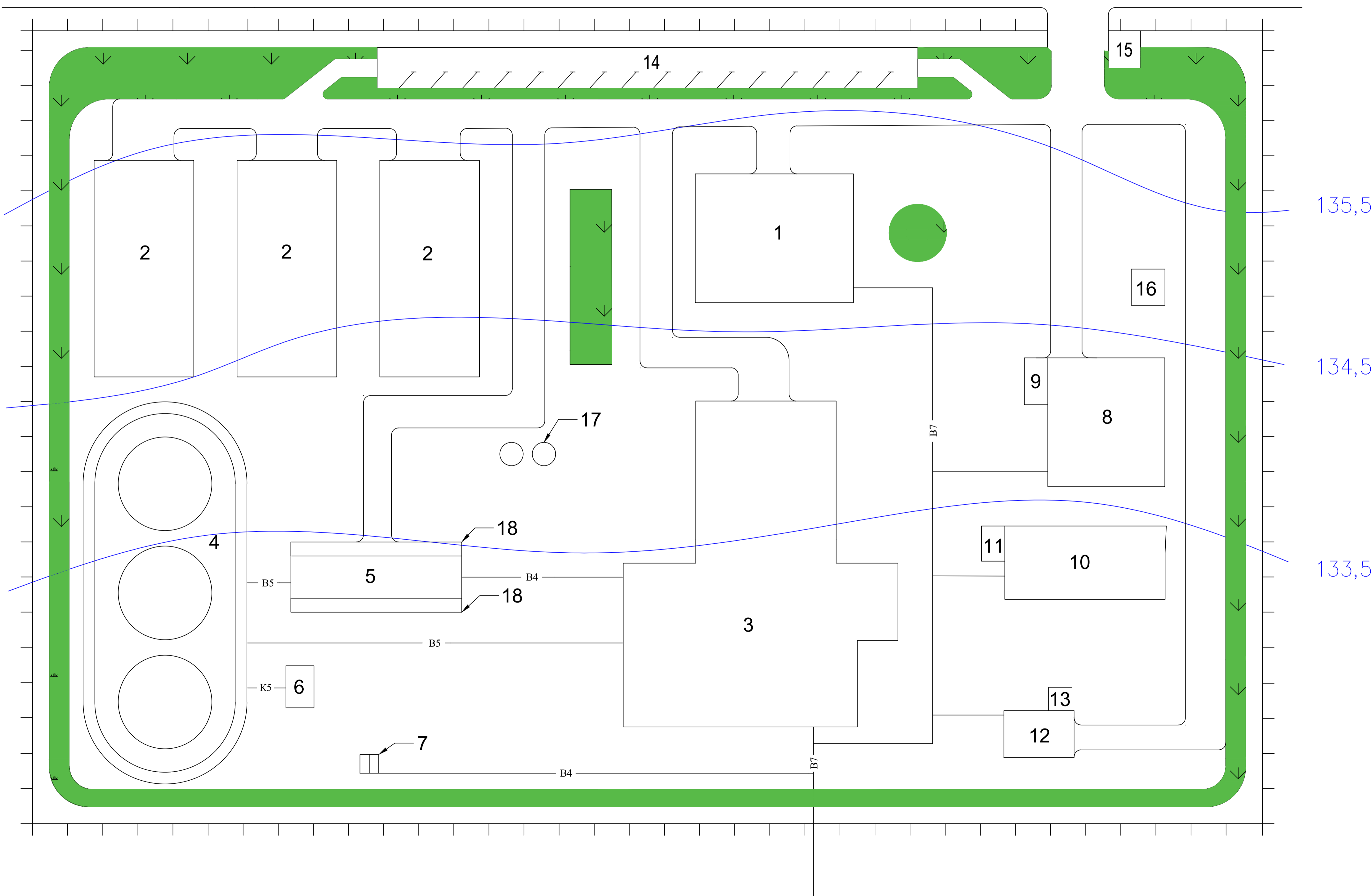
□ - здания

┌ ─ ─ ─ ┐ - ограда

■ - озеленение

┌ ─ ─ ─ ┐  
 └ ─ ─ ─ ┘ - автодорога

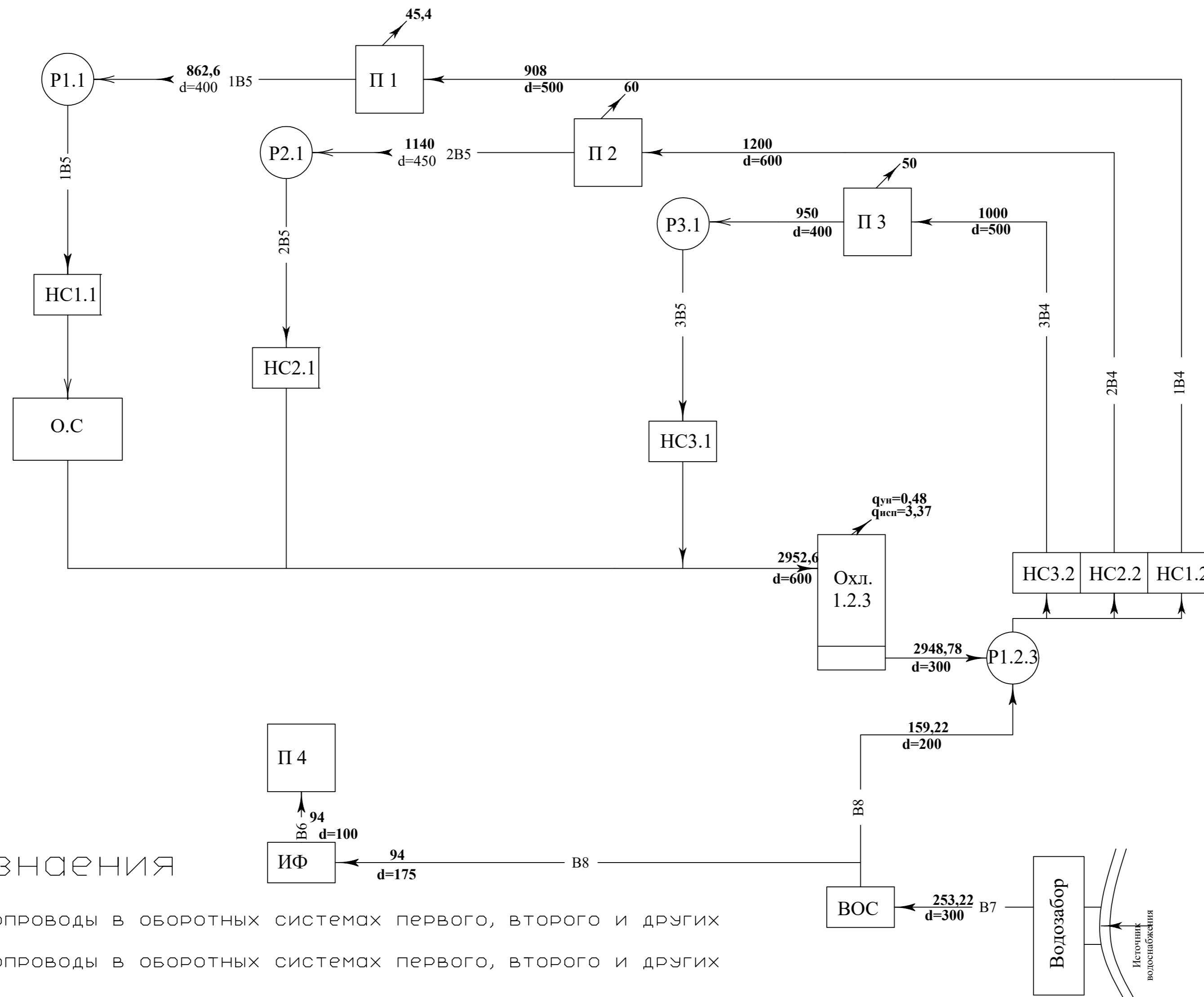
В4-подающие трубопроводы;  
 В5-отводящие трубопроводы;  
 В7-вода речная неосветленная;  
 К5-канализационный трубопровод.



Поз	Наименование сооружения	Кол
1	Административное помещение	1
2	Склад готовой продукции	3
3	Производственный цех	1
4	Отстойники d=40м.	3
5	Очистные сооружения	1
6	Обработка осадка	1
7	Градирня	1
8	Склад полиола	1
9	Пост разгрузки полиола	1
10	Склад меловой суспензии	1
11	Пост разгрузки меловой суспензии	1
12	Склад ТДИ	1
13	Пост разгрузки ТДИ	1
14	Автостоянка	1
15	Контрольно-пропускной пункт	1
16	Хлораторная	1
17	Дегазаторы	1
18	Насосная станция	2

				БР-20.03.02-2020		
				Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Кол	Лист	№ док	Подпись	Дата	
Разроб.	Папова К.С.					
Рыковод.	Пазенко Т.Я.					
				Водоснабжение и водоотведение завода по производству пенополиуретана		Стадия
				Лист		Листов
						1
						6
				План завода по производству пенополиуретана М1:200		Кафедра ИСЗиС СБ16-06Б
Норм.ком.	Пазенко Т.Я.					
Зав.каф.	Иванченко А.И.					

# Схема водоснабжения промпредприятия с балансом расходов, м<sup>3</sup>/ч

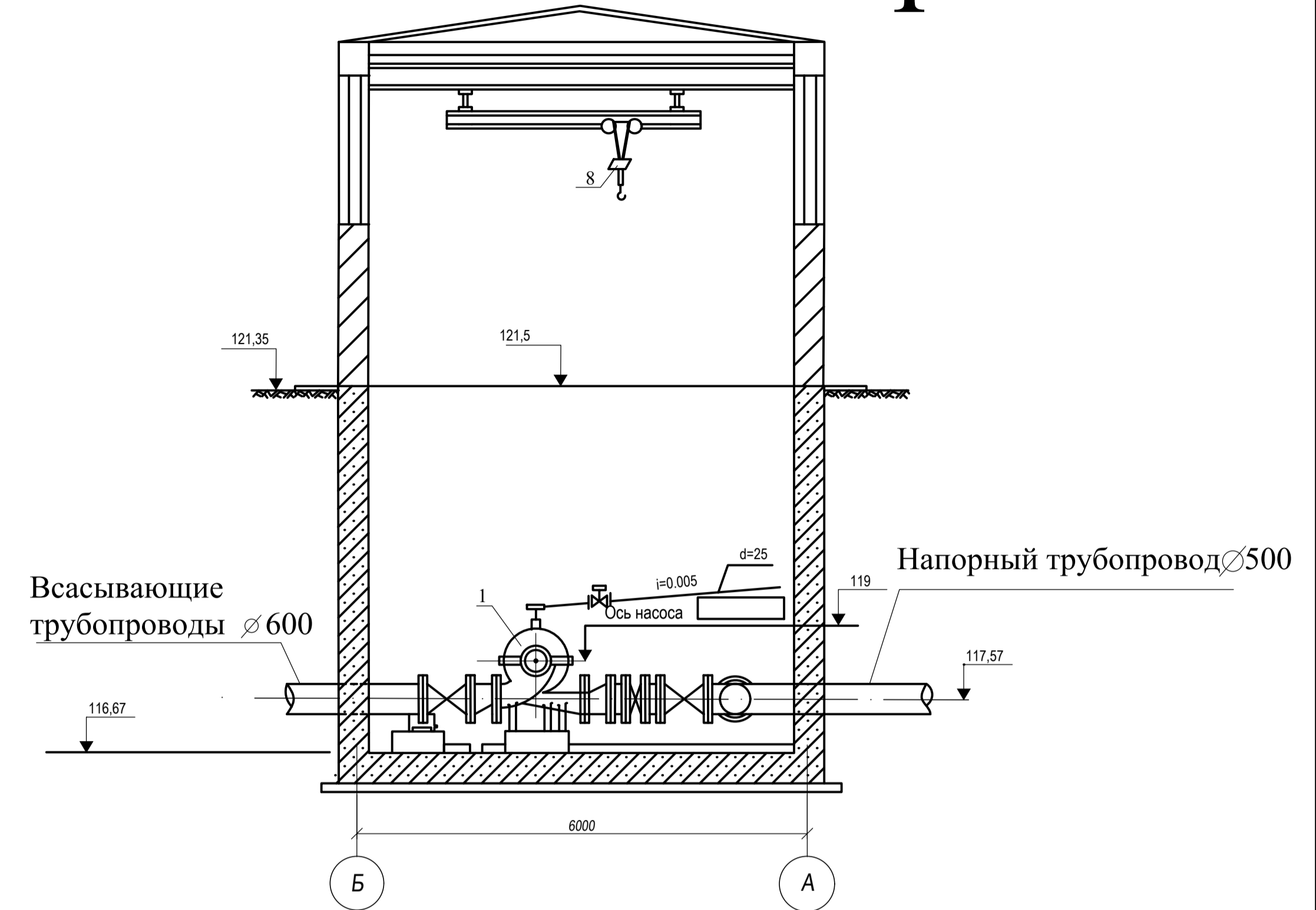
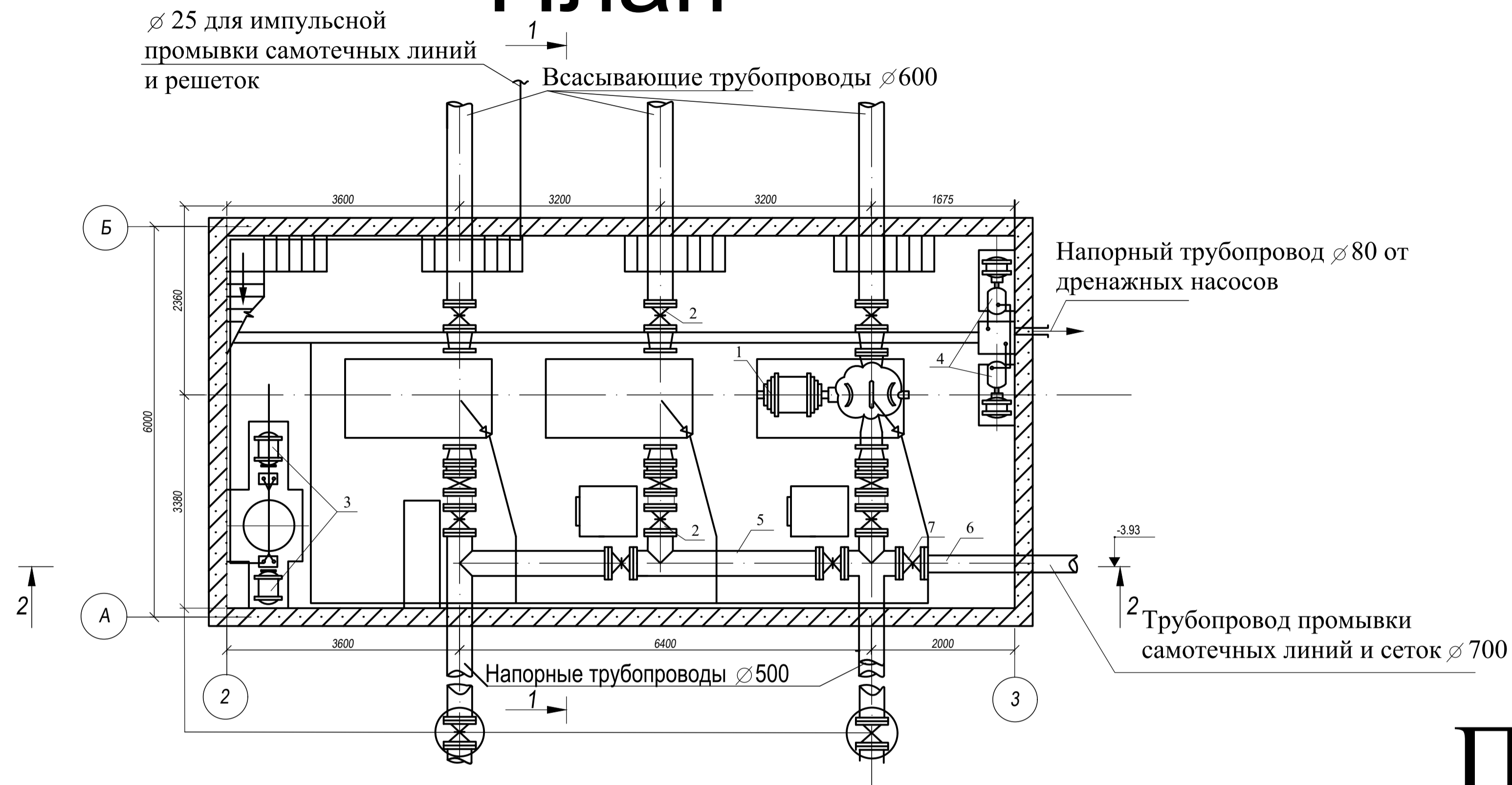


## Условные обозначения

- 1В4, 2В4, 3В4 – подающие трубопроводы в оборотных системах первого, второго и других водопотребителей;
- 1В5, 2В5, 3В5 – отводящие трубопроводы в оборотных системах первого, второго и других водопотребителей;
- В6 – вода обессоленная;
- В7 – вода речная; неосветленная;
- В8 – вода речная осветленная;
- П1, П2, П3 – производственные водопотребители номер 1, номер 2 и т.д.;
- НС3.1, НС3.2, ... – насосные станции в системе водоснабжения третьего водопотребителя номер 1, номер 2 и т.д.;
- О.С. – очистные сооружения в системе водоснабжения;
- Р1.1, Р2.1, Р3.1 – резервуары в системе водоснабжения первого водопотребителя, второго и т.д.;
- Охл. 1.2.3 – охладитель в объединенной системе водоснабжения первого, второго и третьего водопотребителей;
- ВОС – водопроводные очистные сооружения подготовки воды из источника.

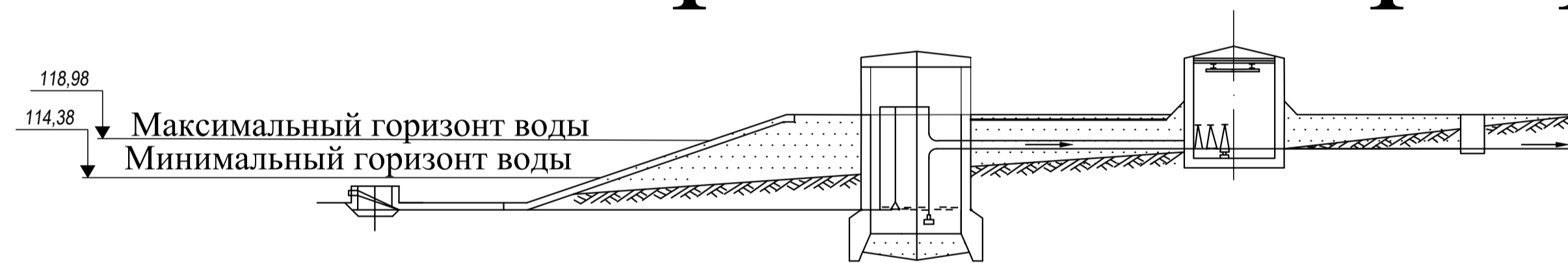
						БР-20.03.02-2020			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Водоснабжение и водоотведение завода по производству пенополиуретана	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Попова К.С.						2	6
Руковод.		Пазенко Т.Я.				Схема водоснабжения предприятия с балансом расходов	Кафедра ИСЗИС СБ16-06Б		
Норм.кон.		Пазенко Т.Я.							
Зав.каф.		Матющенко А.И.							

План

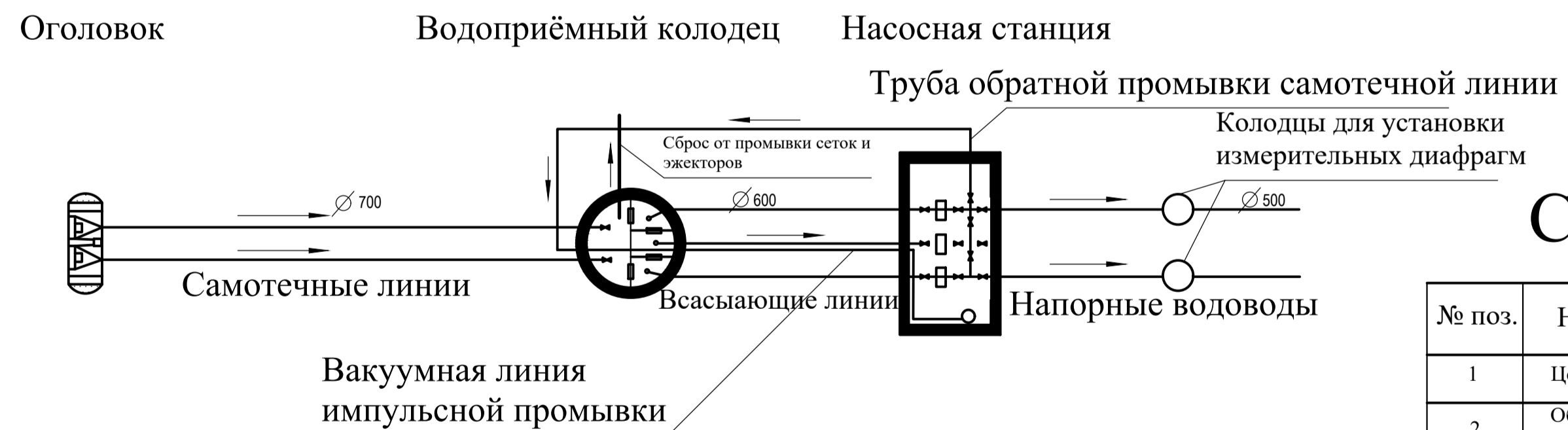
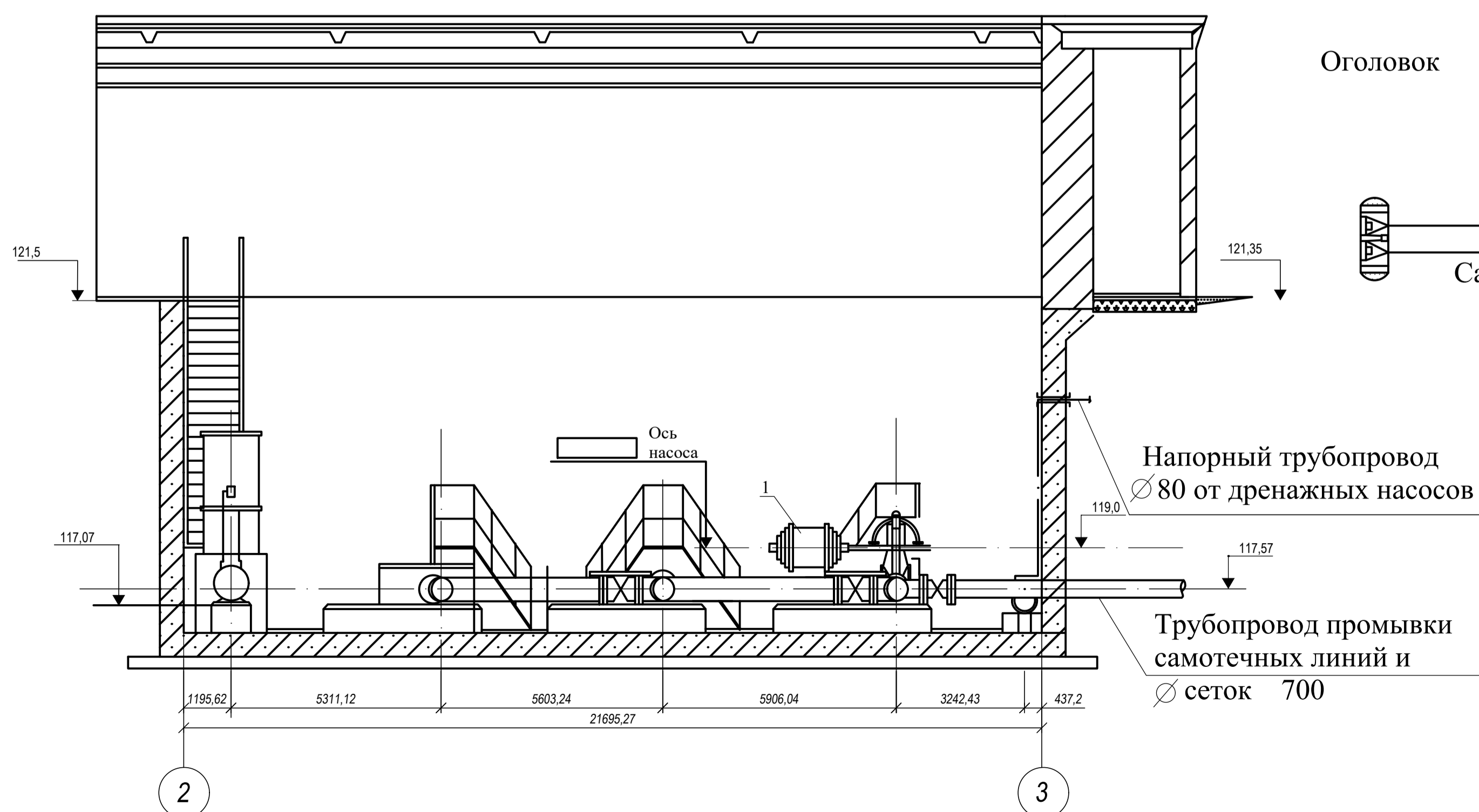


Продольный разрез

Разрез 2-2



План



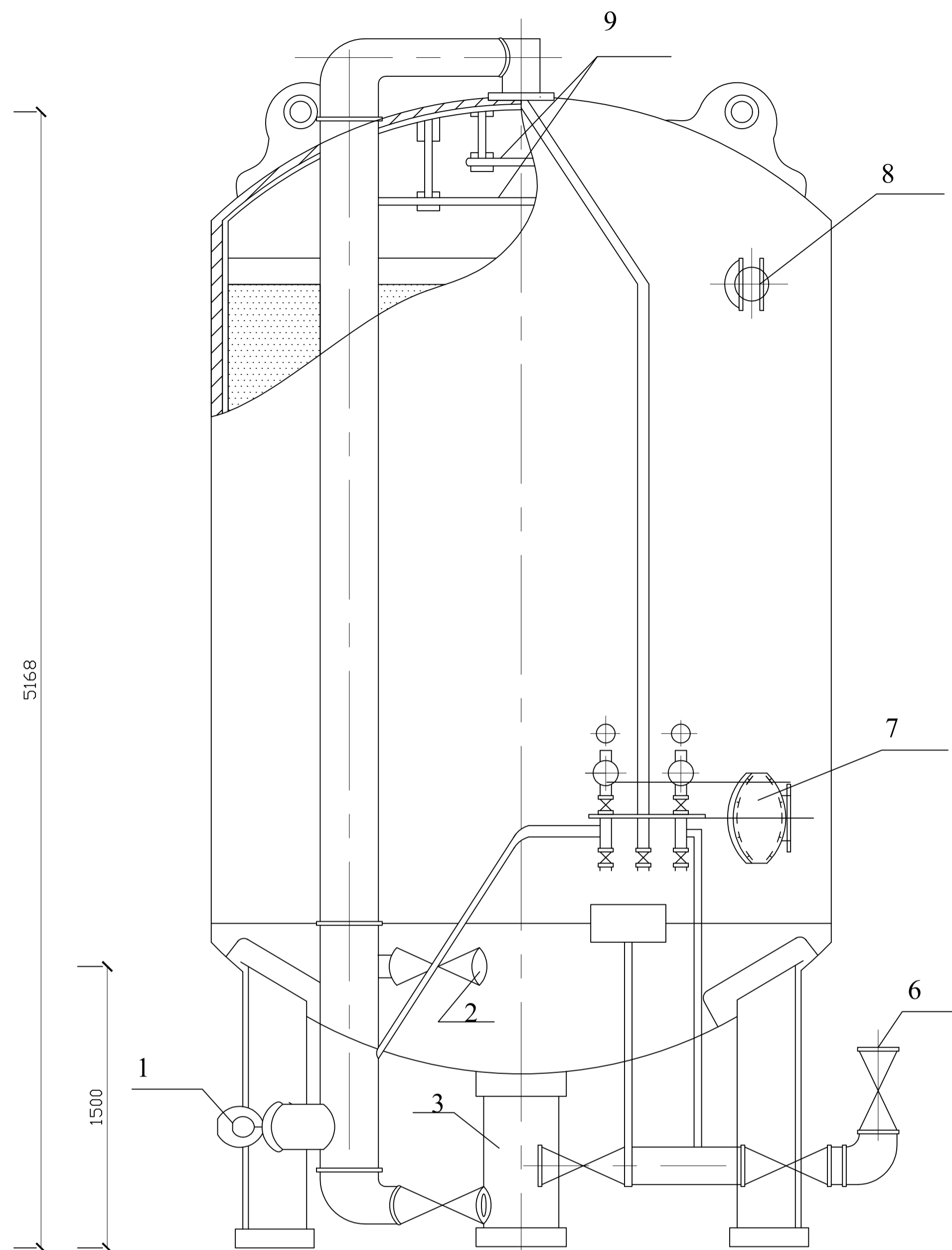
СПЕЦИФИКАЦИЯ

№ поз.	Наименование	Обозначение	Кол.	Масса, кг	Примечание
1	Центробежный насос	ТР 100-240-2	3		2 раб+1рез
2	Обратный клапан $D_у=250$	19ч 21бр	6	25	
3	Насосы промывки сеток	ГНОМ 16-15	1		
4	Дренажный насос	ГНОМ 16-15	1	32	
5	Напорный коллектор	$D=500$ мм			Сталь
6	Трубопровод отвода воды на промывку	$D=200$ мм			Сталь
7	Задвижка линий промывки $D=200 P_v=1,6$ МПа	30ч 6бр		145	
8	Кран подвесной однобалочный			5 т	

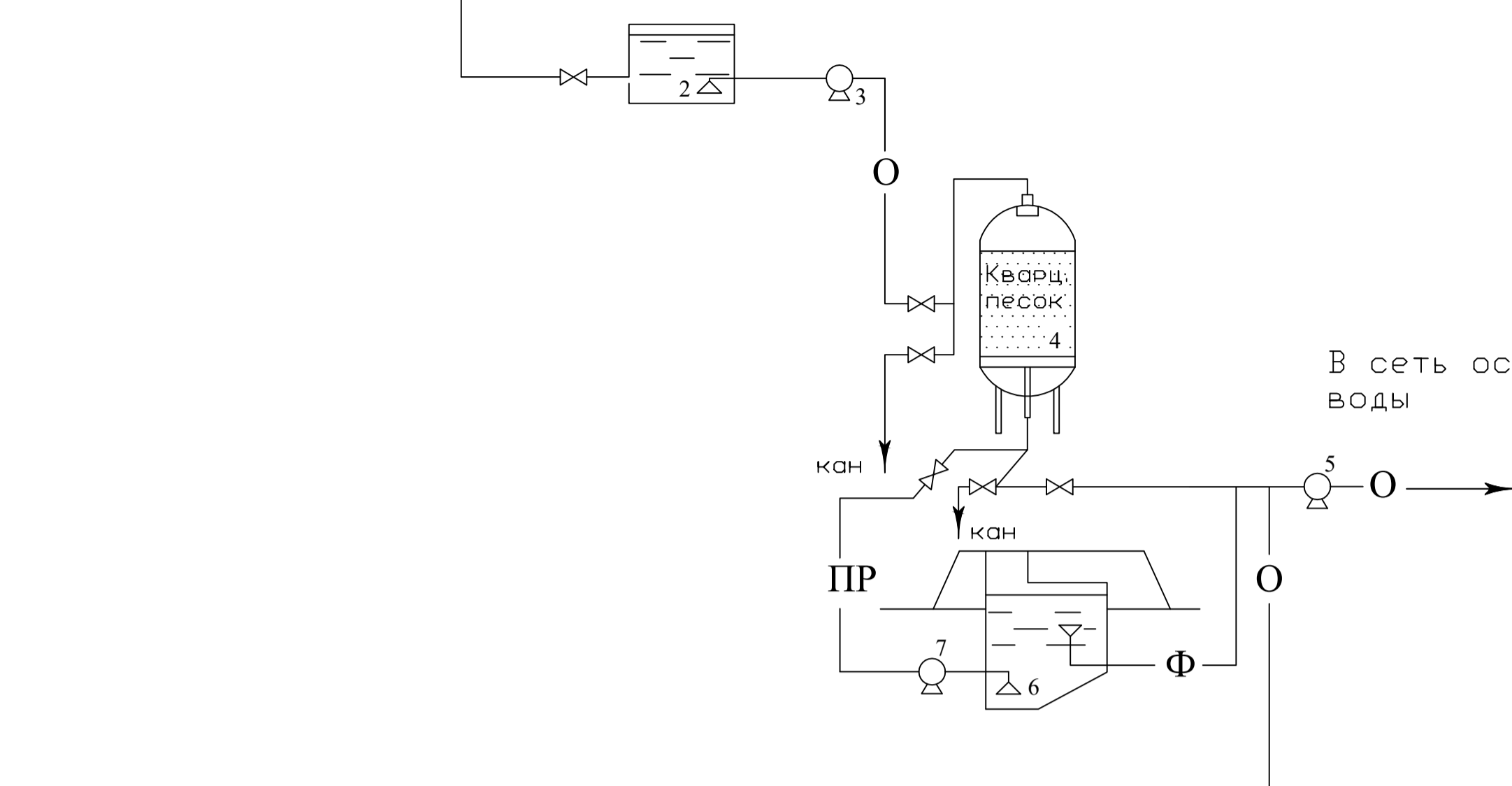
BR-20.03.02-2020					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.	Лист	Всего листов	Подпись	Дата
Разраб.	Папова К.С.				
Руковод.	Лазенко Т.Я.				
Водоснабжение и водоотведение завода по производству пенополиуретана				Стадия	Лист
				3	6
Насосная станция первого подъема М1:500				Кафедра ИСЗиС СБ16-06Б	
Норм.кон.	Лазенко Т.Я.				
Зав.каф.	Матвеев А.И.				



# Катионитовый фильтр М 1:20



Исходная вода 1



## Условные обозначения трубопроводов

- исходная вода
- Ф — фильтрованная вода
- ПР — подача воды на промывку фильтров
- ВН — подачи воды на взрыхление
- ВА — загрузки ионитовых фильтров
- КС — для подачи раствора  $H_2SO_4$  на рег-цию
- С — крепкой  $H_2SO_4$
- О — осветленной воды
- Щ — раствор щелочи на регенерацию
- В — воздуховод

## Катионитовый фильтр

- 1-подача исходной воды
- 2-подача регенерационного раствора
- 3,4-подача,спуск промывной воды
- 5-сброс промывной воды
- 6-выход умягченной воды
- 7-лаз круглый
- 8-лаз эллиптический
- 9-верхнее распред. устройство
- 10-слой катионита
- 11-штыцер для гидравлической выгрузки катионита

## Станция осветления

- 1-исходная вода
- 2-всасывающий колодец
- 3-насос

## Фильтровальная станция

- 4-вертикальные напорные скорые фильтры
- 5-насос для подачи в сеть осветленной воды
- 6-резервуар чистой воды для промывки фильтров
- 7-насос

## Фильтровальная станция

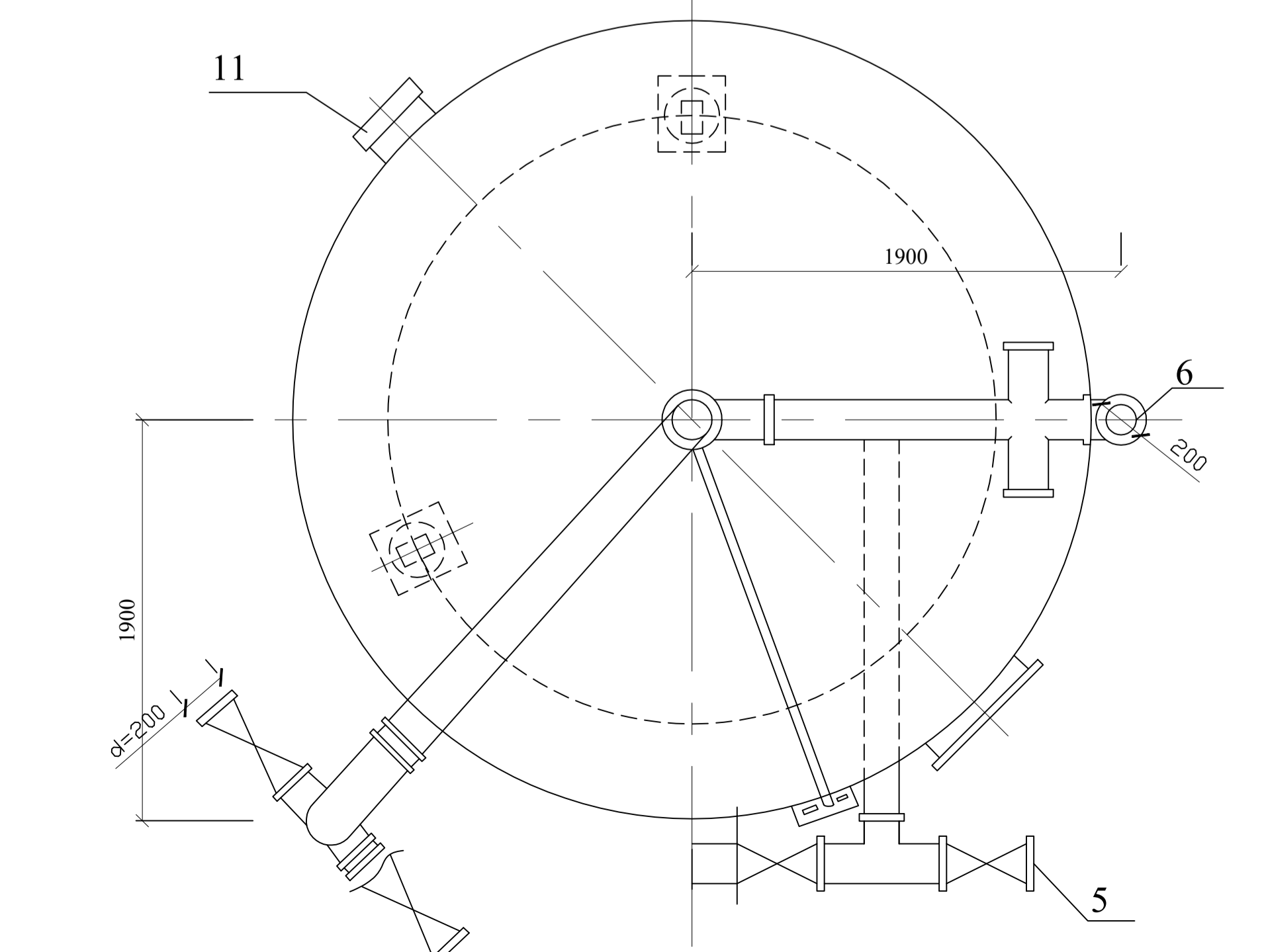
- 8-И-Катионитовые фильтры I-ступени
- 9-Насосы
- 11-Пленочный дегазатор
- 13-Резервуар
- 14-Вакуумные агрегаты
- 10-Анионитовые фильтры I-ступени

## Кислотное хозяйство

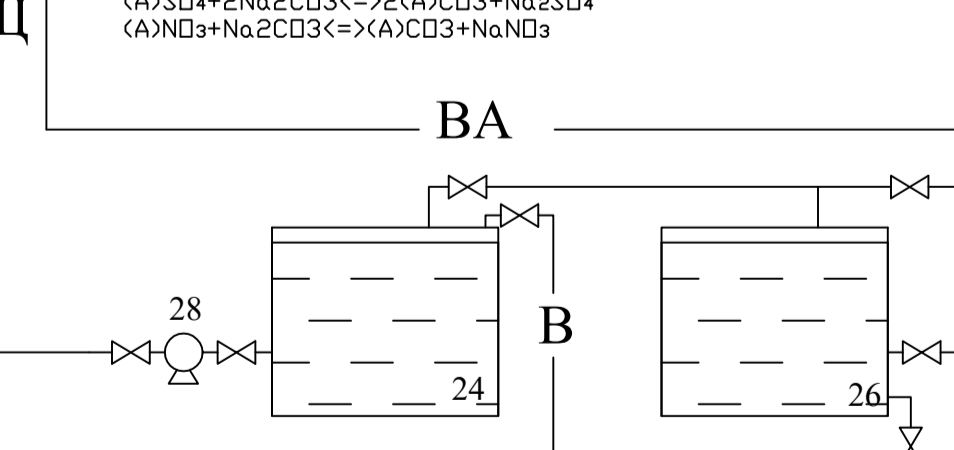
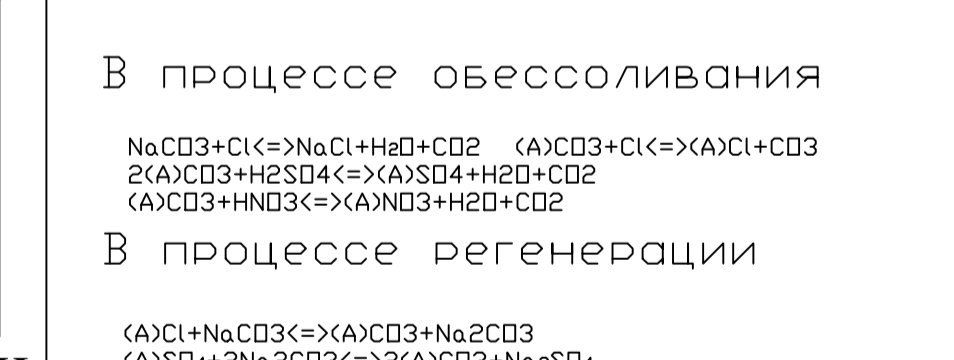
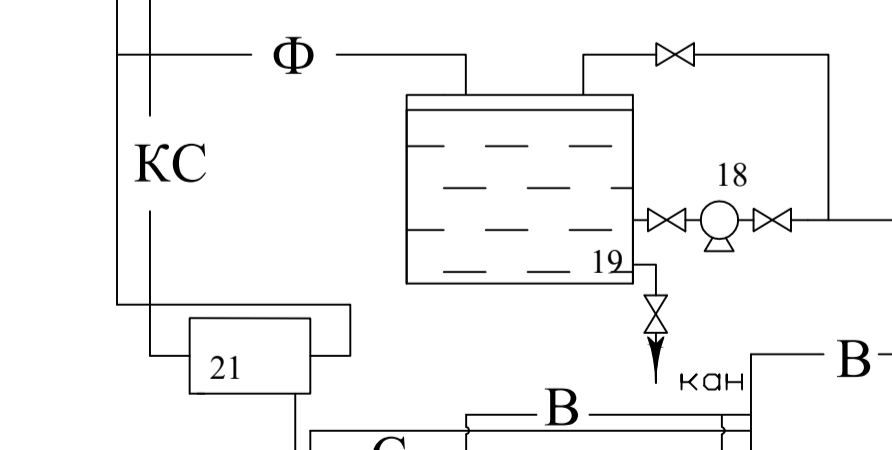
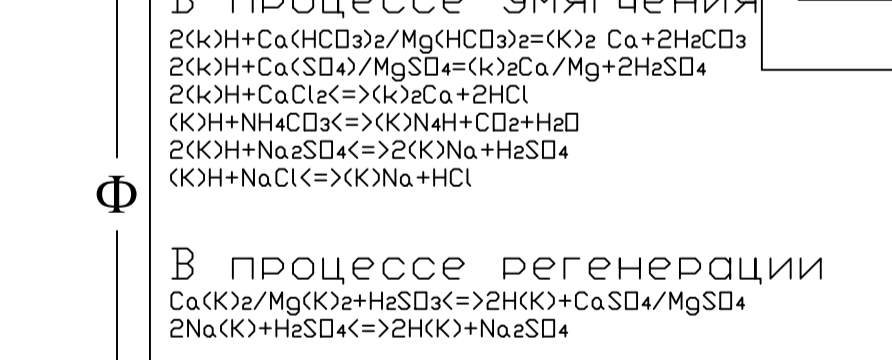
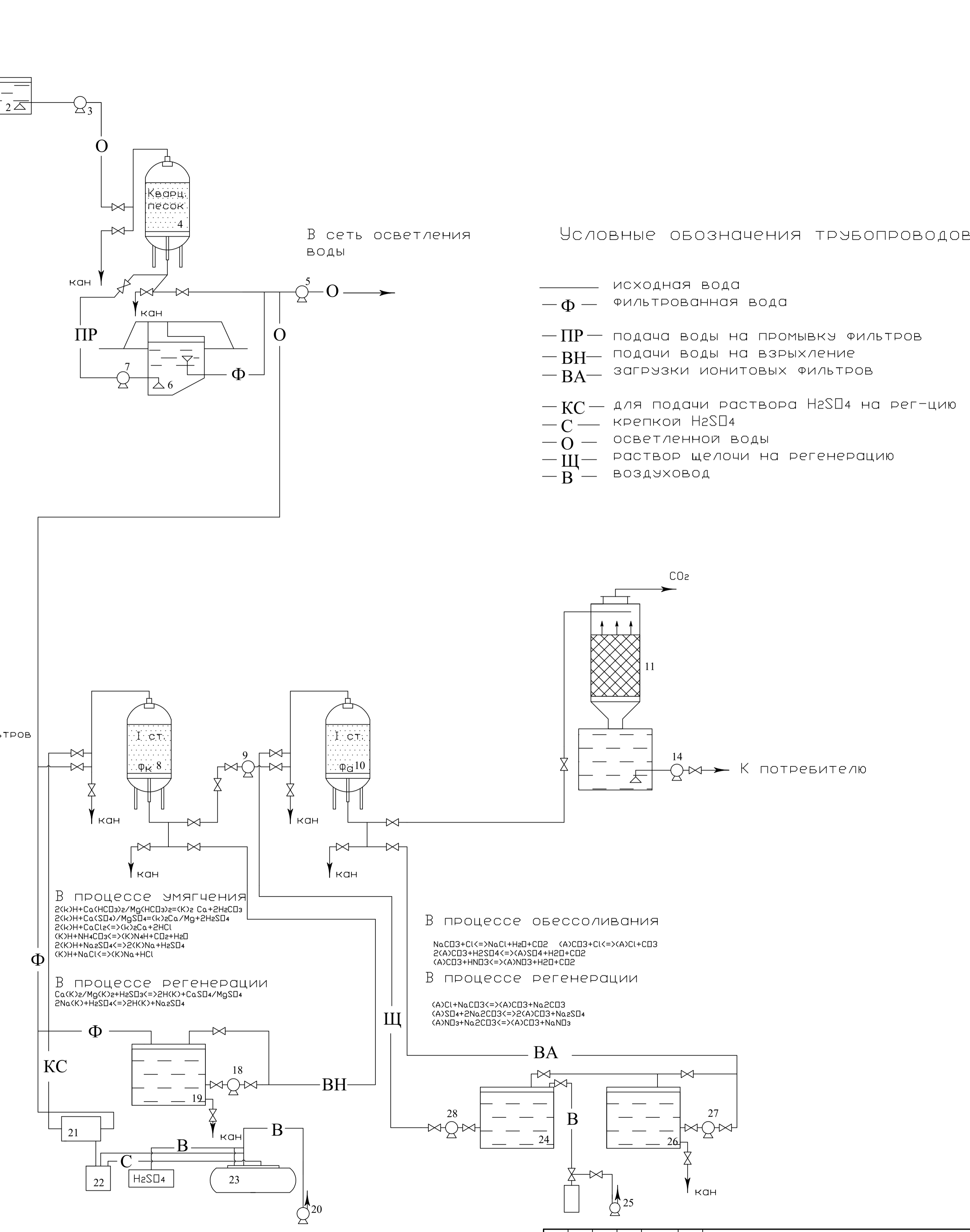
- 18-Насосы
- 19-Баки отмывочной воды для взрыхления
- Н-катионовых фильтров
- 20-Насосы
- 21-Эжектор
- 22-Мерники крепкой  $H_2SO_4$
- 23-Цистерны для хранения запаса концентрированной  $H_2SO_4$

## Щелочное хозяйство

- 24-Растворно-расходные баки щелочи
- 25-Воздуходувка
- 26-Баки отмывочной воды для взрыхления анионитовых фильтров
- 27,28-Насосы



# Станция осветления воды

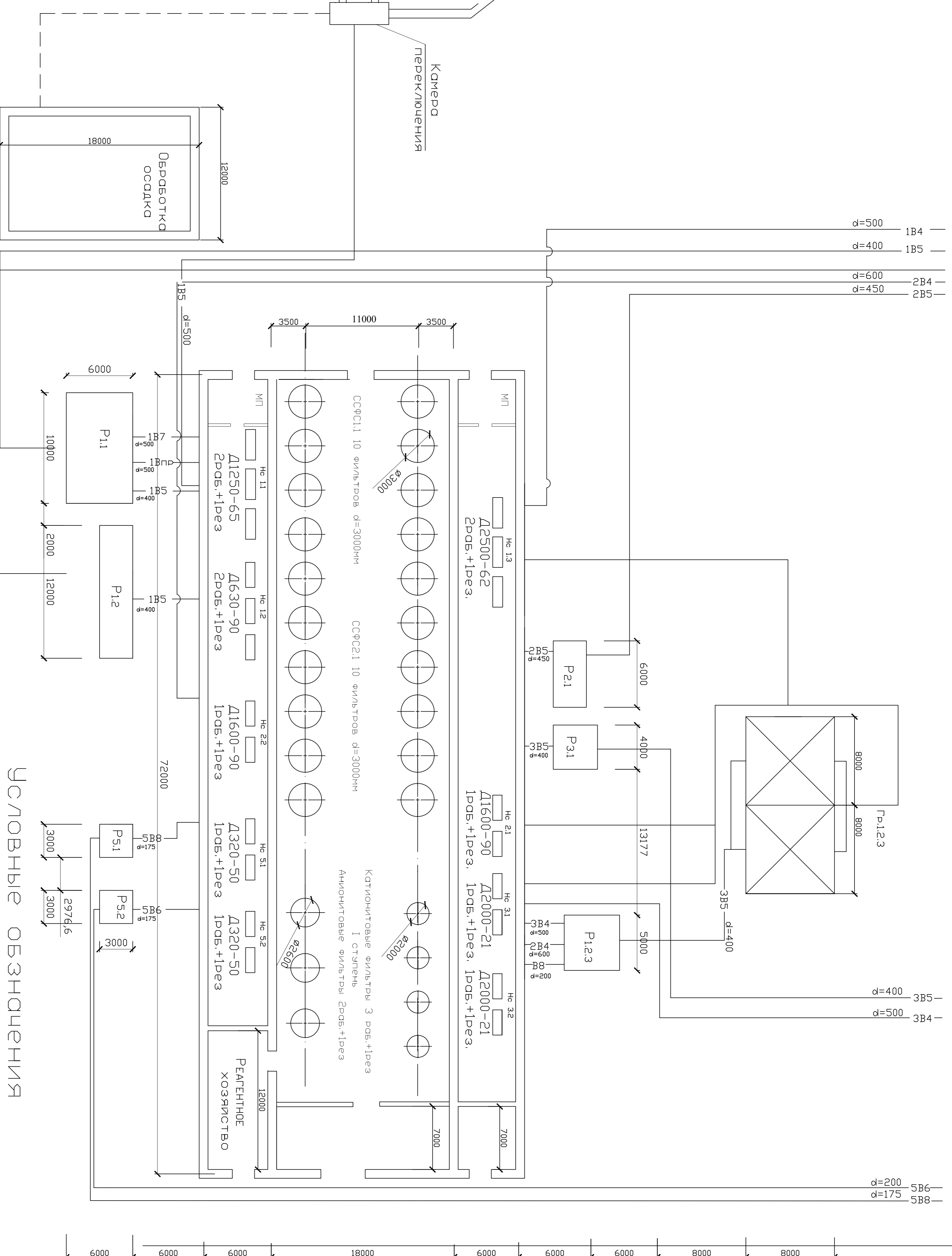
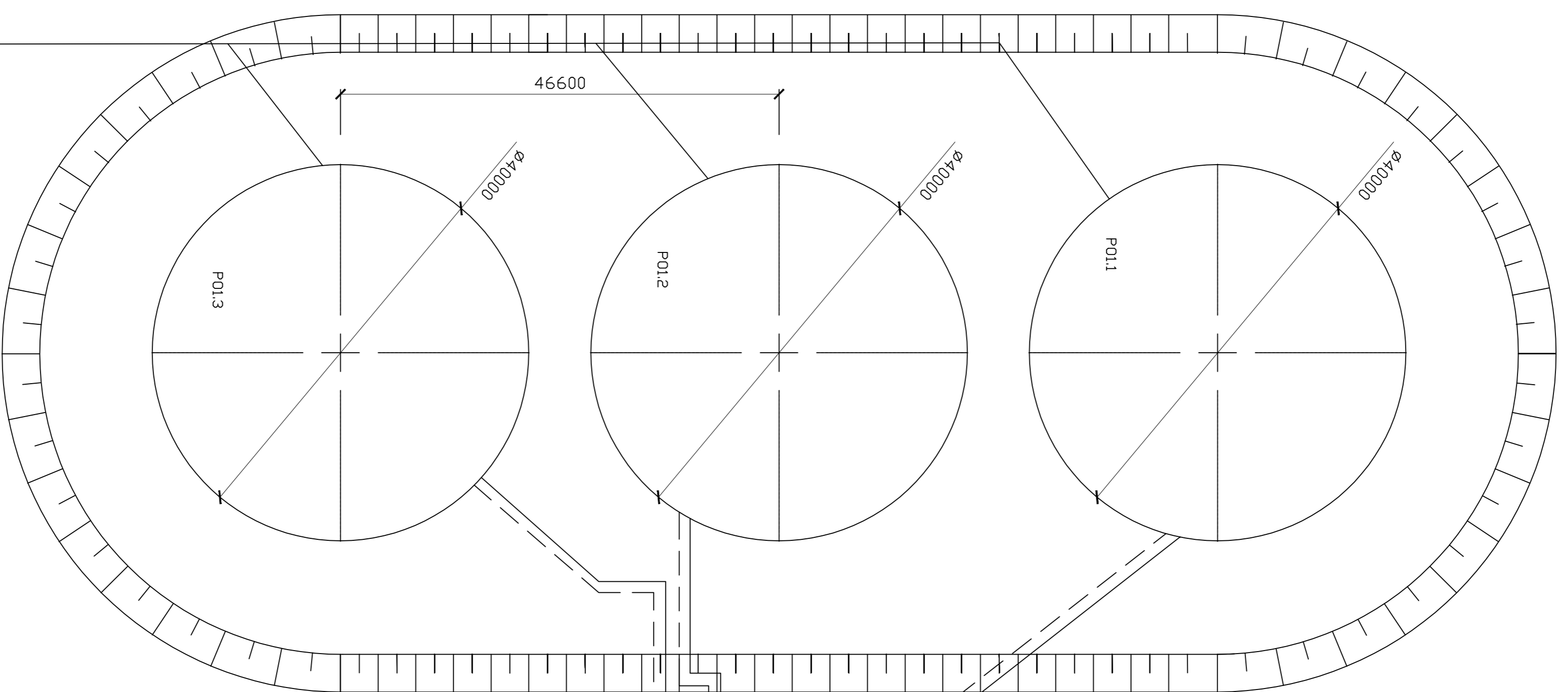


				БР-20.03.02-2020		
				Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Кол.	Лист	В док.	Подпись	Дата	
Разр.	Лазенко Т.Я.	К.С.				
Руковод.	Лазенко Т.Я.					
				Водоснабжение и водоотведение завода по производству пенополиуретана		Стадия
						Лист
						Листов
						4
						6
				Катионитовый фильтр М1:20		Кафедра ИСЗиС СБ16-06Б
				Технологическая схема		
Норм.кон.	Лазенко Т.Я.					
Зав.каб.	Матвеева А.И.					

Изд. N подл. погнрису и габита. Взам. инд. N

# Комплекс сооружений водоподготовки М 1:400

Три отстойника диаметром D=40М.



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

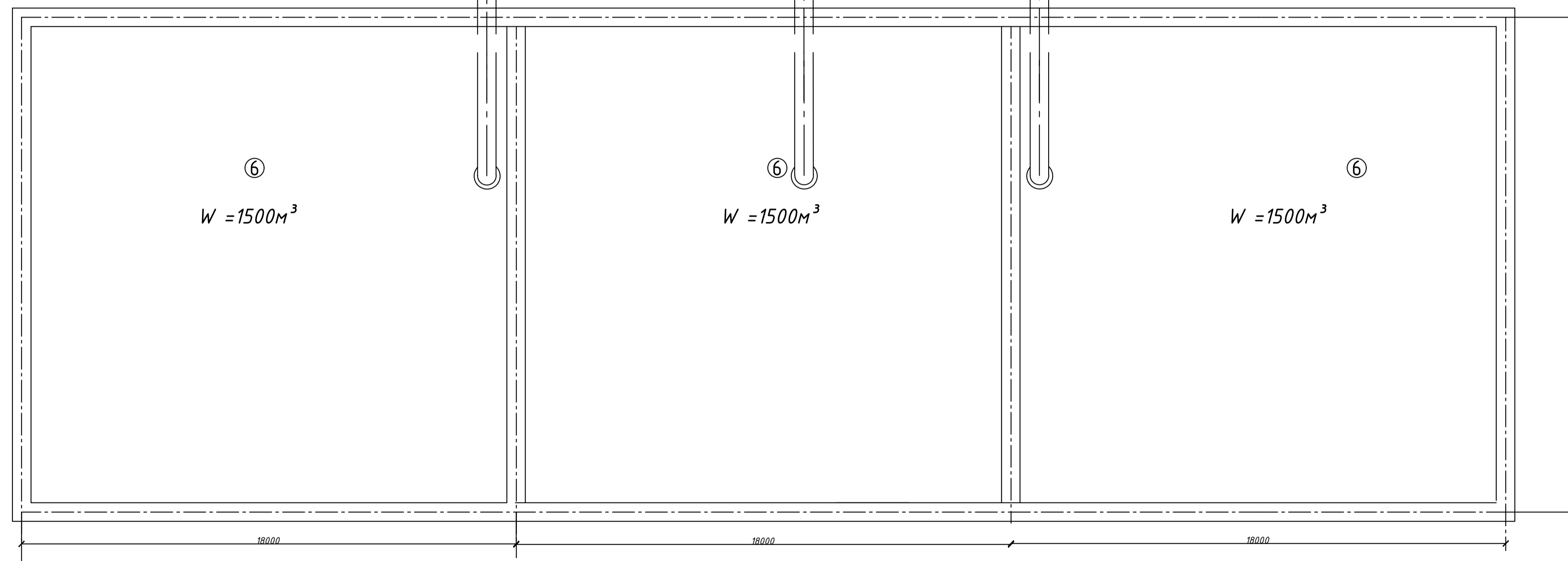
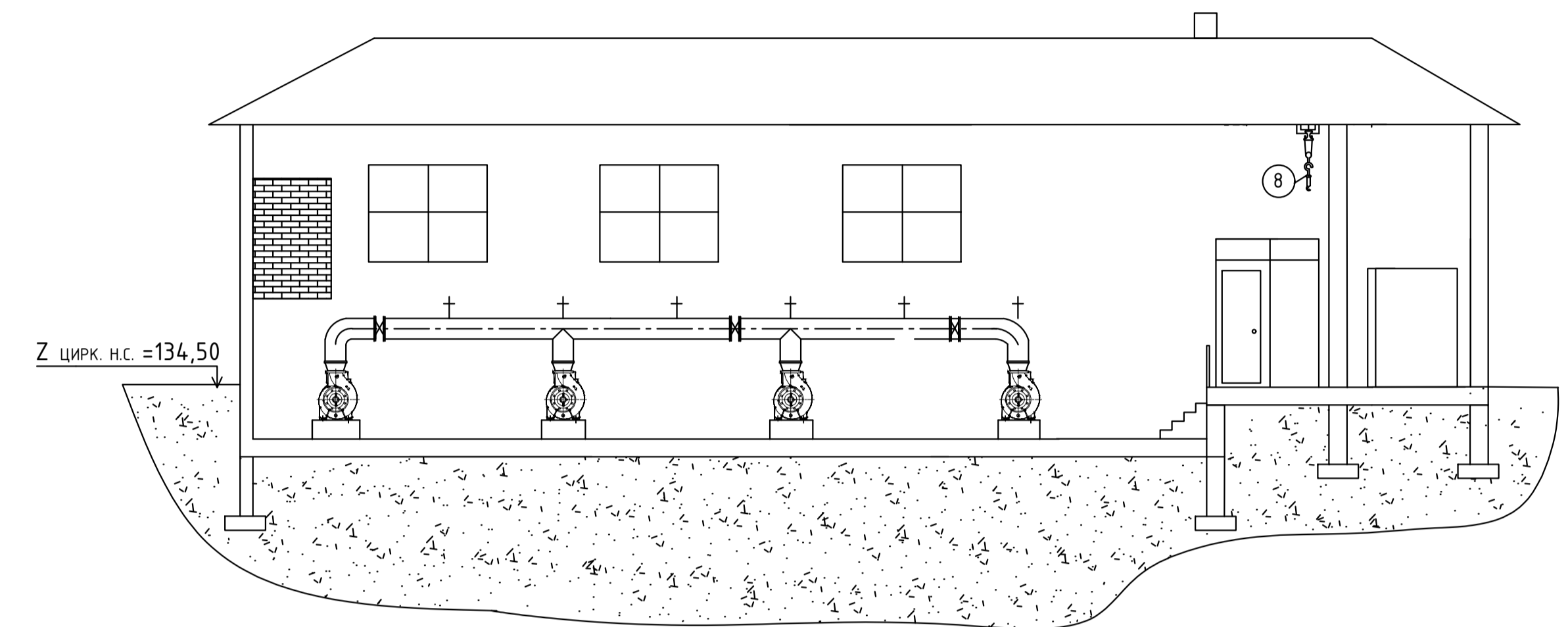
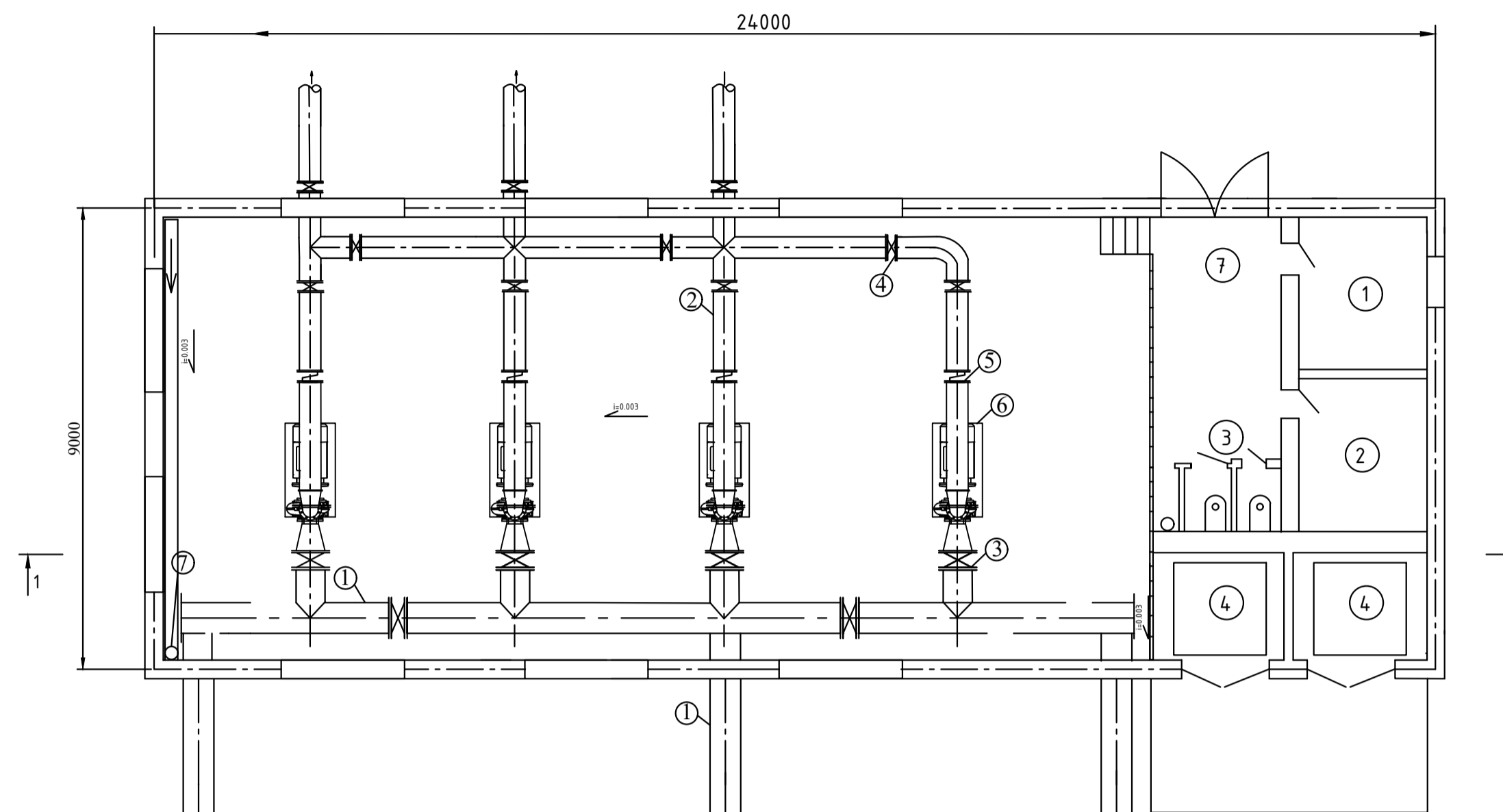
PO11-радиальный отстойник потребителя 1.  
 B7-вода речная, неосветленная.  
 B8-вода речная, осветленная.  
 B6-умягченная вода.  
 B4,B5-подающие и отводящие трубопровод.

PN1-резервуар, N-номер потребителя, 1-номер резервуара потребителя.  
 HCN1-насосная станция в системе водоснабжения N-ого потребителя.  
 OX/NI-охладитель в системе N-ого потребителя.  
 CCFС-сверхскоростная фильтровальная станция.

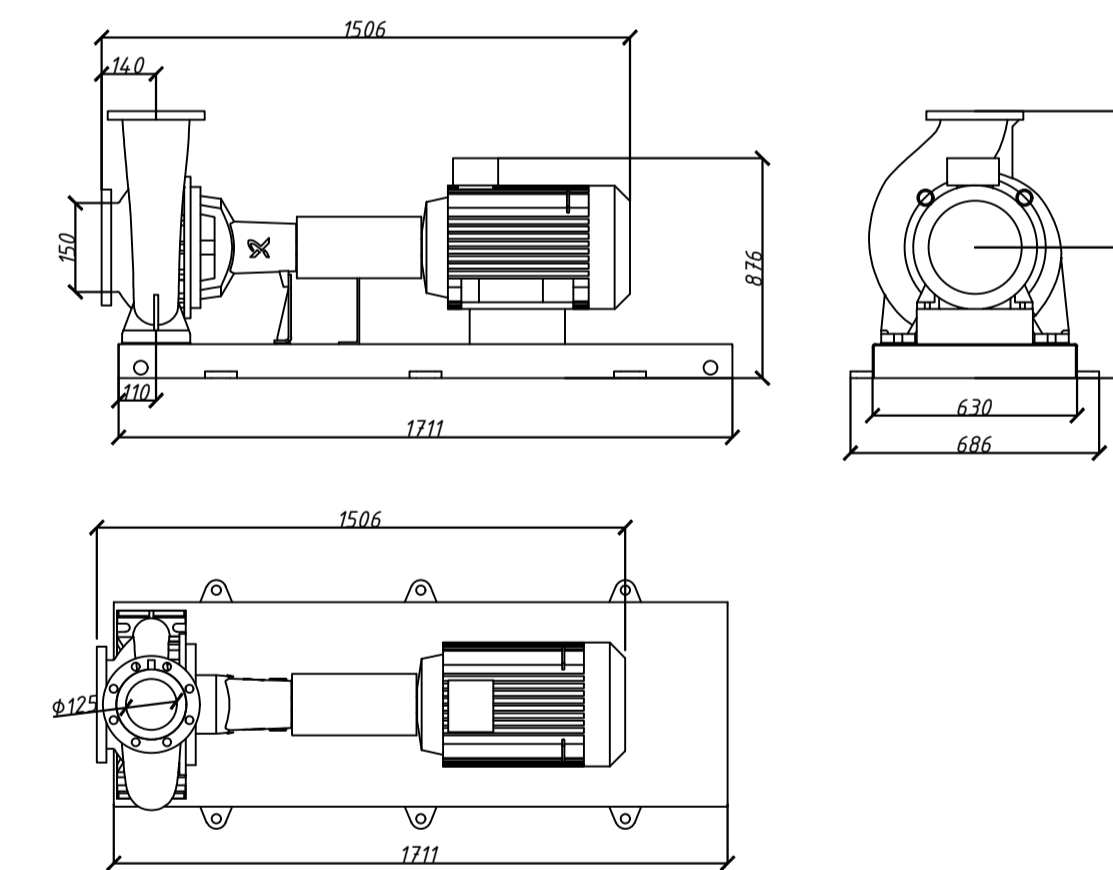
BR-20.03.02-2020		Сибирский федеральный университет	
Имя	Кол. листов	Инженерно-строительный институт	
Саварев	Попова К.С.	Водоснабжение и водоотведение	
Угрюмов	Травина Т.В.	проектирование	
Юрчион	Травина Т.В.	Комплекс сооружений водоподготовки М1-400	
Саварев	Кочетков И.И.	Кадетов И.С.	СБ5-065
		Страна	Лист
		5	6

# ПЛАН ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ М 1:100

1-1  
М 1:100



Насос фирмы Grundfos NK  
300-360/176



### Экспликация

№ п/п	Наименование помещений	Количество	Площадь, м²
1	Диспетчерская	1	9,5
2	Склад-мех.мастерская	1	9,5
3	Туалет с умывальником	1	4,5
4	Помещение КТП и ЩСЧ	2	7
5	Машинный зал	1	194
6	РЧВ W=1500 м³	3	360
7	Монтажная площадка	1	14

### Спецификация

№ п/п	Наименование помещений	Кол.	Масса, кг	Примечание
1	Трубы стальные d=350 мм	48 м		
2	Трубы стальные d=300 мм	22 м		
3	Задвижка d=350 мм	4 шт.		
4	Задвижка d=300 мм	10 шт.		
5	Клапан обратный d=300 мм	4 шт.		
6	Насос НК 300-360/176	4 шт.		3 рабочих и 1 резервный
7	Дренажный насос ГИОМ	2 шт.		1 рабочий и 1 резервный
8	Кран-балка ГОСТ 7890-73	1 шт.		

BR 20.03.02-2020				
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Лист	Кол. экз.	Подпись	Дата
Разраб.	Попова К.С.			
Рук.проект.	Пазенко Т.Я.			
Норм.кон.	Пазенко Т.Я.			
Зав.каф.	Матвеев А.И.			
Водоснабжение и водоотведение завода по производству пенополиуретана			Стация	Лист
План циркуляционной насосной станции М 1:100; Разрез 1-1			6	6
			Кафедра ИСЗиС г.р. СБ16-06Б	


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.И. Матюшенко

подпись      инициалы, фамилия

« 30 » 06 20 20 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

20.03.02 Природообустройство и водопользование

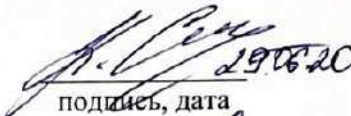
Тема: «Водоснабжение и водоотведение завода по производству  
пенополиуретана»

Руководитель

 29.06.20 доцент, к.т.н  
подпись, дата

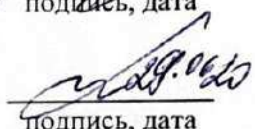
Т.Я. Пазенко

Выпускник

 29.06.20  
подпись, дата

К.С. Попова

Нормоконтролер

 29.06.20 доцент, к.т.н  
подпись, дата

Т.Я. Пазенко

Красноярск 2020