

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
институт  
Инженерных систем зданий и сооружений  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.И. Матюшенко  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

20.03.02 «Природообустройство и водопользование»

«Модернизация системы водоснабжения поселка Новобирилюссы»  
тема

Руководитель	_____	<u>старший преп.</u>	<u>А.Г. Бобрик</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Консультант	_____	<u>к.т.н., доцент</u>	<u>О.Г. Дубровская</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>И.В. Яцко</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____	<u>старший преп.</u>	<u>А.Г. Бобрик</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2019

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Модернизация системы водоснабжения поселка Новобирилюссы» содержит 47 страниц текстового документа, 12 использованных источников, 6 листов графического материала.

**НАСЕЛЁННЫЙ ПУНКТ, ИНФИЛЬТРАЦИОННЫЙ ВОДОЗАБОР, РАСЧЁТНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ВОДОПОДГОТОВКИ, ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ, НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ.**

Объект ВКР – Населенный пункт село Новобирилюссы. Село является центром Бирилюсского района Красноярского края. Новобирилюссы насчитывает 4,3 тыс. человек, Бирилюсский район образован в 1924 году и на сегодня в районе проживает 12,1 тыс. человек. На данный момент в состав Бирилюсского района входят 11 муниципальных образований – поселений, 42 населенных пункта, из них: 8 сел, 28 деревень, 6 поселков. Поселение находится на правобережье реки Чулым, на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. С Красноярском Новобирилюссы связаны автомобильной дорогой М-53. Основные новобирилюсские предприятия занимаются лесозаготовительной, деревообрабатывающей и сельскохозяйственной деятельностью.

Цель ВКР: разработка инфильтрационного водозабора с усовершенствованной системой водоподготовки.

Задачами проекта являются:

Проанализировать состояние существующей системы водоснабжения поселка, определить расчетные расходы воды и гидравлический расчет сети в двух случаях: на случай максимального водоразбора и на случай пожара, определить количество инфильтрационных скважин и подобрать к ним насосное оборудование, выбрать метод водоподготовки, выбрать метод обеззараживания, рассчитать зону санитарной охраны, рассчитать размер вреда при частичном или полном истощении водных объектов в результате забора воды.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Общие сведения об объекте водоснабжения.....	6
1.1 Исходные данные.....	6
1.2 Анализ состояния существующей системы водоснабжения поселка.....	7
2 Расчетно-технологический раздел.....	7
2.1 Определение расчетных расходов воды.....	7
2.2 Расчет водопроводной сети.....	10
2.3 Гидравлический расчёт трубопроводов.....	11
2.4 Расчет сети во время максимального водоразбора.....	11
2.5 Расчет сети в момент пожара.....	13
2.6 Гидравлическая увязка водопроводных сетей.....	15
2.7 Гидравлический расчёт водоводов.....	20
3 Система с частотным управлением.....	20
3.1 Подбор работы насосов.....	21
4 Классификация водозаборов и требования к водозаборам систем водоснабжения.....	21
4.1 Природные условия заборы воды из поверхностных источников.....	22
4.2 Типы водозаборов.....	23
4.3 Водозабор берегового типа.....	23
4.4 Водозабор руслового типа.....	24
4.5 Водозабор инфильтрационного типа.....	24
4.6 Расчет инфильтрационного водозабора.....	25
5 Насосное оборудование.....	26
5.1 Грузоподъемное оборудование.....	26
5.2 Оборудование для промывки скважины при заиливании.....	27
6 Схема водоподготовки.....	27
6.1 Устройство фильтра.....	27
6.2 Расчет фильтра.....	28
6.3 Подбор фильтра.....	29
7 Методы водоподготовки.....	30
7.1 Окислительное обезжелезивание.....	30
7.2 Аэрация.....	30
7.3 Окисление двухвалентного железа с добавлением сильных окислителей.....	31
7.4 Осаждение коллоидного железа традиционным промышленным способом.....	31
7.5 Каталитическое окисление с фильтрацией.....	31
7.6 Ионообменный метод удаления железа.....	33
7.7 Обезжелезивание мембранным методом.....	34
7.8 Обратный осмос.....	35
7.9 Ультрафильтрация.....	35
7.10 Нанофильтрация.....	36
8 Расчет напорного фильтра.....	36
9 Методы обеззараживания.....	39
9.1 Хлорирование.....	39

9.2 Гипохлорид натрия.....	40
9.3 Озонирование воды.....	40
9.4 Бактерицидное излучение.....	41
9.5 Расчет установки для обеззараживания воды бактерицидным излучением ....	42
10 Эколого- экономическое обоснование работы.....	43
10.1 Размер вреда при частичном или полном истощении водных объектов в результате забора воды .....	43
10.2 Зона санитарной охраны.....	43
10.3 Расчет границ зон санитарной охраны .....	44
Заключение.....	46
Список использованных источников.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Системы водоснабжения предназначены для бесперебойной подачи воды требуемого качества и в достаточном количестве населенным пунктам, объектам сельского хозяйства, промышленности, транспорта, энергетики и т.д. В общем случае эти системы включают сооружения для приема воды из источника насосное оборудование или сифонные водоводы для подъема воды из водоприемных сооружений, емкости для сбора воды, насосные станции для подачи воды потребителям, магистральные водоводы и сооружения на них, напорные регулирующие емкости. В соответствии с требованиями к качеству воды в системах водоснабжения могут быть предусмотрены сооружения и установки по обеззараживанию, умягчению, опреснению и т.п.

Населенный пункт село Новобирилюссы, является центром Бирилюсского района Красноярского края. Населенных пунктов с численностью населения свыше 1000 чел. – два, п. Рассвет и с. Новобирилюссы. Населенных пунктов с численностью менее 100 человек – 26, Новобирилюссы насчитывает 4,3 тыс. человек.

Общая площадь района составляет 11,8 тыс. кв. км. Протяженность района с запада на восток-100км, с севера на юг-120км. Граничит территория со следующими районами: Енисейский, Тухтетский, Пировский, Большемуртинский, Емельяновский, Большеулуйский и Козульский. По территории района в восточной части проходит железная дорога Ачинск-Лесосибирск. Основными автодорогами являются дорога Ачинск-Бирилюссы (в асфальтном исполнении) и дороги местного значения. Расстояние до г.Красноярска – 265 км. Общая протяженность автодорог составляет 440,69 км., в том числе с твердым покрытием – 284,69 км. По территории района протекают реки: Чулым, Кемчуг. Они являются судоходными для маломерных судов.

Рельеф местности Бирилюсского района низменный.

Климат района резко континентальный, с большими колебаниями температуры воздуха. Среднемесячная температура зимнего периода в ночное время  $-19^{\circ}\text{C}$ , дневного –  $11^{\circ}\text{C}$ , летнего периода – ночью  $10,5^{\circ}\text{C}$ , днем  $+20, +25^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температур градусов С  $-53^{\circ}\text{C}$  -  $45,0^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум температур градус С  $38,0^{\circ}\text{C}$  -  $43,0^{\circ}\text{C}$ .

Главным природным ресурсом является лес. Преобладающими породами в лесонасаждениях являются: пихта, ель, кедр, а из мягколиственных пород – береза, осина.

В настоящее время экономика района складывается, в основном, из лесной, деревообрабатывающей, пищевой промышленности.

В данной работе необходимо запроектировать водозаборное сооружение инфильтрационного типа. Сооружение запроектировано для водоснабжения село Новобирилюссы.

Неправильное использование скважин приводит к снижению их производительности. Так же ухудшается качество воды, происходит загрязнение подземного источника, тем самым не соблюдаются имеющиеся нормы.

Превышение требуемого количества воды из источника приводит к выходу из строя отдельных элементов оборудования, чаще всего насосов.

Вода, поступающая в село, должна быть определенного качества, для этого необходимо предусмотреть схему водоподготовки, которая позволит увеличить производительность предприятия.

Водозаборные сооружения являются одним из наиболее важных элементов системы водоснабжения, которые способствуют эксплуатационной надежности всей системы, а также ее технико-экономических показателей. Именно поэтому проектирование водозаборных сооружений должно осуществляться с применением современных методов расчета водоприемных устройств, прогрессивных конструкций и технологий производства строительных работ.

## 1 Общие сведения об объекте водоснабжения

### 1.1 Исходные данные

Населенный пункт село Новобирилюссы, насчитывает 4,3 тыс. человек

Водоисточник Река Чулым, с расходами:

- среднегодовой расход воды — 785 куб. м/с;
- наибольший расход в 131 км от устья — 8 220 куб. м/с;
- наименьший — 108 куб. м/с

Состояние органолептических свойств и химико-токсикологического состава воды г. Ачинска на 2012 г. приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Состояние органолептических свойств и химико-токсикологического состава воды г. Ачинска на 2012 г.

Показатели	Единица измерения	Забор проб	Норматив
Органолептические свойств			
Цветность	ЕМФ	2,6	2,6
Мутность	ЕМФ	7	7
запах	Балл	1	2
Привкус	Балл	1	2
Химический состав			
рН	ед. рН	7,82	6-9
жесткость	мг-эв/л	6,85	7
Хлориды	мг/л	385	350
сульфаты	мг/л	527	500
фосфаты	мг/л	0,12	0,05
Токсикологический состав			
Алюминий	мг/л	0,19	0,5
Железо	мг/л	0,158	0,1
медь	мг/л	0,001	0,001
Нитрит	мг/л	0,05	0,08
нитрат	мг/л	29,7	40
Цинк	мг/л	0,41	0,5
марганец	мг/л	0,03	0,01
Активный хлор	мг/л	0,3	0,2

## 1.2 Анализ состояния существующей системы водоснабжения поселка

На настоящее время водоснабжение с. Новобирилюссы осуществляется с помощью комплекса сооружений, в состав которого входят: скважины добычи подземных вод, водонапорная установка, сети водоснабжения, водоразборные колонки, подвоз воды специализированным транспортом. Водоснабжение с. Новобирилюссы осуществляется с помощью системы централизованного водоснабжения, в составе 2х водозаборных скважин, станции водоснабжения и водопроводных сетей. Жилые дома, неподключенные к центральной системе водоснабжения обеспечиваются водой по средством уличных водоразборных колонок, к домам одноэтажной застройки отдаленных от водоразборных колонок производится

## 2. Расчетно-технологический раздел

### 2.1 Определение расчётных расходов воды

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения. Водопотребители расходуют воду в течение суток неравномерно со значительными колебаниями в различные часы. Чтобы обеспечить требуемую пропускную способность распределительной сети труб и других сооружений системы водоснабжения, необходимо знать максимальный требуемый расход. Для этого суммируются часовые расходы воды каждым потребителем и составляем график водопотребления в течение суток.

Расчетный(средний за год) суточный расход воды, м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяем по формуле:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{ср}} = \frac{q_{\text{ж}} \cdot N_{\text{ж}}}{1000}, \quad (2.1)$$

где  $q_{\text{ж}}$  – норма водопотребления, принимаемая согласно табл.1 СП 31.13330.2012, в зависимости от степени благоустройства жилого района;

$N$  – расчетное число жителей в населенном пункте, чел.

$$Q_{\text{ср.сут}} = \frac{250 \cdot 4300}{1000} = 1075 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления определяется по формулам:

$$Q_{\text{сут.макс}} = K_{\text{сут.макс}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} = 1,3 \cdot 1075 = 1397,5 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{сут.мин}} = K_{\text{сут.мин}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} = 0,9 \cdot 1075 = 967,5 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.3)$$

где  $K_{сут.макс}$ ,  $K_{сут.мин}$  – коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, принимаются равными  $K_{сут.макс}=1,1-1,3$ ;  $K_{сут.мин}=0,7-0,9$ .

Для населенных пунктов часовые расходы воды определяют с учетом коэффициентов часовой неравномерности водопотребления максимального  $K_{ч.макс}$  и минимального  $K_{ч.мин}$ , которые вычисляем по формулам:

$$K_{ч.макс} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max} = 1,3 \cdot 1,4 = 1,82 \quad (2.4)$$

$$K_{ч.мин} = \alpha_{min} \cdot \beta_{min} = 0,5 \cdot 0,25 = 0,125 \quad (2.5)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимается согласно п.2.2. СП 31.13330.2012  $\alpha_{max} = 1,2 - 1,4$ ;  $\alpha_{min} = 0,4 - 0,6$

$\beta$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимается по табл. 2 СП 31.13330.2012, величина которого при численности жителей 4300 чел. составляет  $\alpha_{max}=1,4$ ;  $\beta_{min}=0,25$

$$Q_{ч.макс} = \frac{K_{ч.макс} \cdot Q_{сут.макс}}{24} = \frac{1,82 \cdot 1397,5}{24} = 105,97 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.6)$$

$$Q_{ч.мин} = \frac{K_{ч.мин} \cdot Q_{сут.мин}}{24} = \frac{0,125 \cdot 967,5}{24} = 5,039 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.7)$$

Расходы воды на коммунальные нужды населенного пункта. Среднесуточное потребление воды на поливку определяется в зависимости от покрытия территории, способа полива, вида насаждений, климатических и других местных условий п. 5.3, табл. 3 СП 31.13330.2012

Расход воды на полив  $Q_{полив}$ ,  $\text{м}^3/\text{сут}$ , определяем по СП 31.13330.2012, из расчета на одного жителя 50 л/(чел·сут), по формуле:

$$Q_{полив} = \frac{50 \cdot 4300}{1000} = 215 \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.8)$$

где 4300 – количество жителей, чел. Принимаем 1 поливку в сутки общей продолжительностью 6 ч. Режим поливочного водопотребления принимаю равномерным в течение принятой продолжительности поливки.

$$Q_{механ.} = \frac{215 \cdot 0,4}{4} = 21,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.9)$$

$$Q_{руч.} = \frac{215 \cdot 0,6}{4} = 32,25 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.10)$$



### Расходы воды на пожаротушение

Расход воды на наружное пожаротушение и количество одновременных пожаров в населенном пункте принимаем по табл. 5 и 7. При застройке населенного пункта зданиями высотой более 3-х этажей с численностью населения не более 5000 человек принимаем 1 одновременный пожар с расходом воды на один пожар – 10 л/с.

$$Q_{\text{пожар}} = 3,6n_n \cdot q_n \quad (2.11)$$

где,  $n_n$  – количество одновременных пожаров равна 1;

$q_n$  – расход воды на 1 пожар, равен 10 л/с

$$Q_{\text{пожар}} = 3,6 \cdot 1 \cdot 10 = 36 \text{ л/с}$$

### Расход воды на собственные нужды

На собственные нужды водозаборного сооружения (промывка фильтра, водоприёмных устройств, сети и др.) требуется 10% от водопотребления населённого пункта, отсюда получаем:

$$Q_{\text{с.н.}} = 10\% \cdot Q_{\text{сут.мах}} = 139,75 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.12)$$

### Расход воды на нужды местной промышленности

Расход воды на местную промышленность определяется по формуле:

$$Q_{\text{м.п.}} = 10\% \cdot Q_{\text{сут.мах}} = 139,75 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.13)$$

Общий расход воды составляет сумму всех расходов: суточного максимального, пожарного, поливочного и для местной промышленности:

$$Q_{\text{общ.}} = Q_{\text{сут.мах}} \cdot Q_{\text{полив}} \cdot Q_{\text{пожар}} \cdot Q_{\text{с.н.}} \cdot Q_{\text{м.п.}} \quad (2.14)$$

$$Q_{\text{общ.}} = 1397,5 + 215 + 36 + 139,75 + 139,75 = 1928 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Таблица1- Водопотребления по часам суток

Часы суток	Хоз-питьевые нужды населения		Полив улиц и зеленых насаждений <sup>3</sup> /ч		Q <sub>мп</sub>	Q <sub>пп</sub>	Всего м <sup>3</sup> /ч	%
	k=1,80%	Q <sub>м</sub> <sup>3</sup> /ч	Ручная	Механизированная				
0-1	0,9	12,57	0	21,5	5,8	5,8	45,67	2,41
1-2	0,9	12,57	0	21,5	5,8	5,8	45,67	2,41
2-3	0,9	12,57	0	21,5	5,8	5,8	45,67	2,41
3-4	1,0	13,97	0	21,5	5,8	5,8	47,07	2,48
4-5	2,35	32,84	32,25	0	5,8	5,8	76,69	4,05
5-6	3,85	53,80	0	0	5,8	5,8	65,4	3,45
6-7	5,2	72,67	0	0	5,8	5,8	84,27	4,45
7-8	6,2	86,64	0	0	5,8	5,8	98,24	5,19
8-9	5,5	76,86	0	0	5,8	5,8	88,46	4,67
9-10	4,85	67,77	0	0	5,8	5,8	79,37	4,19
10-11	5	69,87	0	0	5,8	5,8	81,47	4,3
11-12	6,5	90,83	0	0	5,8	5,8	102,43	5,41
12-13	7,5	104,81	0	0	5,8	5,8	116,41	6,15
13-14	6,7	93,63	0	0	5,8	5,8	105,23	5,56
14-15	5,35	74,76	0	0	5,8	5,8	86,36	4,56
15-16	4,65	64,98	0	0	5,8	5,8	76,58	4,05
16-17	4,5	62,88	0	0	5,8	5,8	74,48	3,93
17-18	5,5	76,86	0	0	5,8	5,8	88,46	4,67
18-19	6,3	88,04	0	0	5,8	5,8	99,64	5,26
19-20	5,35	74,76	0	0	5,8	5,8	86,36	4,56
20-21	5	69,87	0	0	5,8	5,8	81,47	4,3
21-22	3	41,92	32,25	0	5,8	5,8	85,77	4,53
22-23	2	27,95	32,25	0	5,8	5,8	71,8	3,79
23-24	1	13,97	32,25	0	5,8	5,8	57,82	3,05
Итого:	100	1397,5	129	86	139,75	139,75	1890,79	100

## 2.2 Расчет водопроводной сети

Для транспортирования воды от источников к объектам водоснабжения служат водопроводы. Их выполняют из двух или более трубопроводов, укладываемых параллельно друг другу. Для подачи воды непосредственно к местам ее потребления (жилые здания, цеха промышленных предприятий) служит водопроводная сеть. При

трассировке линий водопроводной сети необходимо учитывать планировку объекта водоснабжения, размещение отдельных потребителей воды, рельеф местности.

В хозяйственно-питьевых и производственных водопроводах, как правило, принимают кольцевые сети, вследствие их способности обеспечивать бесперебойную подачу воды. Насосные станции второго подъема служат для подачи воды с очистных сооружений потребителям. Режим работы насосной станции второго подъема зависит от графика водоснабжения. Подача воды в течение суток может быть равномерной и ступенчатой. При ступенчатой подаче уменьшается необходимый объем бака водонапорной башни и полный напор насосов. Насосные станции целесообразно устанавливать однотипные насосы с одинаковой подачей. Режим работы насосной станции выбирают на основе анализа графиков водопотребления и совместной работы насосов, водопроводов и водопроводной сети.

### **2.3 Гидравлический расчёт трубопроводов**

Гидравлический расчет сводится к определению диаметра труб, потерь напора вследствие гидравлических сопротивлений и скорости движения воды. Для расчета кольцевой сети следует знать распределение воды по ее участкам. Правила трассировки водопроводной сети состоят в следующем:

1) замкнутые контуры вытянуты вдоль основного направления движения воды и имеют размеры.

2) прокладка магистрали вне улиц (по внешней черте города) допускается только в зонах перспективного строительства

3) магистральные линии намечают вдоль основного направления движения воды

4) участки сети прокладывают по улицам с обеспечением 2-х стороннего подключения линии распределительной сети. Протяжённость транзитных участков должна быть минимальной.

5) сеть должна равномерно располагаться на территории населённого пункта с учётом возможности более экономичного подключения к ней крупных потребителей и напорно-регулирующих запасных ёмкостей

Для систем без водопроводной башни выполняется гидравлические расчеты на два случая:

I – час максимального водопотребления;

II – час максимального водопотребления плюс расход воды на тушение пожара.

### **2.4 Расчет сети во время максимального водоразбора**

1. На генплане нанесем кольцевую сеть так, чтобы можно было подключить к ней все кварталы и предприятия;

2. Пронумеруем узловыe точки и определим длину каждого участка сети;

3. Пронумеруем кольца. Число колец сети в курсовом проекте должно быть не меньше четырех;

4. Определим удельное водопотребление:

$$q_{уд.} = \frac{Q_{max} - Q_{пп}}{\sum l} \quad (2.1)$$

$$q_{уд.} = \frac{(116,41 - 5,8) \cdot 1000}{3600 \cdot 5995} = 0,0051 \text{ л/с на 1 п.м.,}$$

Где  $Q_{max} = 116,41 \text{ м}^3/\text{ч}$  – общий расход воды, л/с;

$Q_{пп} = 5,8 \text{ м}^3/\text{ч}$  – сосредоточенный расход, отбираемый крупным потребителем л/с

$l$  – суммарная длина водопроводной сети, м.

Длина водоводов, переходов под дорогами и водными преградами, участки, проходящие по незастроенной территории при этом не учитывается;

5. Определим путевой расход по каждому участку:

$$Q_{п.} \cdot q_{уд.} \cdot l, \quad (2.2)$$

где  $l$  – длина участка, м.

Результаты расчетов представим в виде таблицы 2

Таблица 2 – Определение путевых отборов

Номер участка	Длина участка, м	Путевой расход, $Q_n$ , л/с
1	2	3
1-2	490	2,4
1-3	650	3,19
2-3	380	1,86
2-4	400	1,96
3-5	790	3,87
4-5	625	3,06
4-6	395	1,94
5-7	620	3,04
6-7	525	2,57
6-8	685	3,36
7-8	435	2,13
сумма	5995	29,38

6. Найдем значение узловых расходов  $Q_{узл.}$ . Путевые расходы на участках приводятся к узловым. Узловой расход равен полусумме путевых расходов участков, примыкающих к узлу.

Результаты расчетов заносим в таблицу 3

Таблица 3 – Определение узловых отборов

Номер узла	Номера участков примыкающих к узлу	$Q_{\text{пут}}, \text{ л/с}$	$Q_{\text{узл}}, \text{ л/с}$
1	1-2; 1-3	5,59	2,8
2	2-3; 2-4; 2-1	6,22	3,11
3	3-2; 3-5; 3-1	8,92	4,46
4	4-2; 4-5; 4-6	6,96	3,48
5	5-3; 5-4; 5-7	9,97	4,99
6	6-4; 6-7; 6-8	7,87	3,94
7	7-5; 7-6; 7-8	7,74	3,87
8	8-7; 8-6	5,49	2,75
Сумма:			29,4

7. После определения узловых расходов вычертим схему водоводов и сети, на которой укажем стрелками предварительное направление и распределение расходов по линиям сети, соблюдая баланс расходов в узлах (первый закон Кирхгофа) (рисунок.1.2).

$$Q_{\text{нс}} = \frac{\sum Q_{\text{max}} \cdot 4,16}{100} = \frac{1890,79 \cdot 4,16}{100} = 78,65 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.3)$$

$78,65 = 21,84 \text{ л/с}$  – подача воды насосной станцией.

## 2.5 Расчет сети в момент пожара

Количество пожаров выбирается в зависимости от количества проживающих в населенном пункте. Принимаем 1 пожар, так как в данном населенном пункте проживает 4,3 тыс. человек с расходом воды 15 л/с.

После чего производим трассировку водопроводной сети (рисунок.1.3).

1. Удельное водопотребление:

$$q_{\text{уд.}} = \frac{Q_{\text{max}} - Q_{\text{пн}}}{\sum l} \quad (2.4)$$

$$q_{\text{уд.}} = \frac{(116,41 - 5,8) \cdot 1000}{3600 \cdot 5995} = 0,0049 \text{ л/с на 1 п.м.}$$

где  $Q_{\text{max}} = 116,41 \text{ м}^3/\text{ч}$  – общий расход воды, л/с;

$Q_{\text{пн}} = 5,8 \text{ м}^3/\text{ч}$  – сосредоточенный расход, отбираемый крупным потребителем л/с

Длина водоводов, переходов под дорогами и водными преградами, участки, проходящие по незастроенной территории при этом не учитывается;

2. Определим путевой расход по каждому участку:

$$Q_n \cdot q_{уд.} \cdot l, \quad (2.5)$$

где  $l$  – длина участка, м.

Результаты расчетов заносим в таблицу 4

Таблица 4 – Определение узловых отборов

Номер участка	Длина участка, м	Путевой расход, $Q_n$ , л/с
1	2	3
1-2	490	2,4
1-3	650	3,19
2-3	380	1,86
2-4	400	1,96
3-5	790	3,87
4-5	625	3,06
4-6	395	1,94
5-7	620	3,04
6-7	525	2,57
6-8	685	3,36
7-8	435	2,13
сумма	5995	29,38

3. Найдем значение узловых расходов  $Q_{узл.}$ . Путевые расходы на участках приводятся к узловым. Узловой расход равен полусумме путевых расходов участков, примыкающих к узлу.

Результаты расчетов заносим в таблицу 5

Таблица 5 – Определение узловых отборов

Номер узла	Номера участков примыкающих к узлу	$Q_{пут.}$ , л/с	$Q_{узл.}$ , л/с
1	1-2; 1-3	5,814	2,8
2	2-3; 2-4; 2-1	6,477	3,11
3	3-2; 3-5; 3-1	9,282	4,46
4	4-2; 4-5; 4-6	7,242	3,48
5	5-3; 5-4; 5-7	10,3785	19,99
6	6-4; 6-7; 6-8	8,1855	3,94
7	7-5; 7-6; 7-8	8,058	3,87
8	8-7; 8-6	5,712	2,75
Сумма:			44,4

4. После определения узловых расходов вычертим схему водоводов и сети, на которой укажем стрелками предварительное направление и распределение расходов по линиям сети, соблюдая баланс расходов в узлах (первый закон Кирхгофа) (рисунок.1.3).

$$Q_{nc} = \frac{\sum Q_{max} \cdot 4,16}{100} = \frac{1890,79 \cdot 4,16}{100} = 78,65 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.6)$$

78,65 м<sup>3</sup>/ч = 21,84 л/с – подача воды насосной станцией.

$$Q_{nc} = 21,84 + 15 = 36,84$$

## 2.6 Гидравлическая увязка водопроводных сетей

Гидравлическая увязка сети в час максимального водопотребления приведена в таблице 6; расчет исправления приведен в таблице 7 и таблице 8.

Таблица 6 – Гидравлическая увязка максимального водоразбора

№контуров	№участка	Длина участка L, м	Предварительное распределение воды							
			q, л/с	d, мм	v, м/с	σ	s <sub>0</sub>	S=s <sub>0</sub> ·σ·L	S·q	=S·q <sup>2</sup>
1	1-2	490	15	160	1,12	0,981	4,591·10 <sup>-5</sup>	0,022068	0,331027	4,97
	1-3	650	11,6	140	1,12	0,981	9,162·10 <sup>-5</sup>	0,058421	0,677689	-7,86
	2-3	380	0,89	110	0,5	1,17	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,144005	0,1281652	0,11
								Сумма:	1,136881	-2,78
2	2-3	380	0,89	110	0,5	1,17	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,144005	0,1281652	-0,11
	3-5	790	8,03	110	1,26	0,943	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,241295	1,9376051	-15,46
	4-5	625	1,02	110	0,27	1,313	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,265800	0,2711164	0,28
	2-4	400	11	140	1,07	0,981	9,162·10 <sup>-5</sup>	0,035951	0,3954685	4,35
								Сумма:	2,7323554	-11,05
3	4-5	625	1,02	110	0,27	1,313	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,265800	0,2711164	-2,28
	5-7	620	4,06	110	0,61	1,23	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,247006	1,0028449	-4,07
	4-6	395	6,5	110	1,02	1	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,127940	0,831613	5,41
	6-7	525	1,06	110	0,27	1,313	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,223272	0,236668	0,25
								Сумма:	2,3422433	1,31
4	6-7	525	1,17	75	0,21	1,0	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,223272	0,236668	-0,25
	6-8	685	1,17	100	0,21	1,0	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,303520	0,4552803	0,68
	7-8	435	3,45	50	1,06	1,03	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,202750	0,2534375	-0,32
								Сумма:	0,9453866	0,12

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{2,78}{2 \cdot 1,137} = 1,22 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{11,05}{2 \cdot 2,732} = 2,02 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{1,31}{2 \cdot 2,342} = 0,28 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{0,12}{2 \cdot 0,945} = 0,06 \text{ л/с}$$

Таблица 7 – Случай максимального водоразбора (Исправление 1)

№кольца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ , см, л/с	$q$ , л/с	Sq	h
1	1-2	1,22		16,22	0,358025	5,81
	1-3	-1,22		10,38	0,6064150	-6,29
	2-3	1,22	-2,02	0,09	0,0129605	0,00
				сумма	0,9774013	-,049
2	2-3	-2,02	1,22	0,09	0,0127595	0,00
	3-5	-2,02		6,01	1,4501876	-8,72
	4-5	2,02	0,28	3,32	0,8824574	2,93
	2-4	2,02		13,02	0,4680909	6,09
				Сумма	2,8134956	0,31
3	4-5	0,28	2,02	3,32	0,8822650	-2,93
	5-7	0,28		4,34	1,0720066	-4,65
	4-6	-0,28		6,22	0,795789	4,95
	6-7	-0,28	0,06	0,84	0,1875487	0,16
				сумма	2,937610	-2,47
4	6-7	0,06	-,028	0,84	0,187762	-0,16
	6-8			1,5	0,4552803	0,68
	7-8			1,25	0,2534375	-0,32
				сумма	0,8964802	0,21

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,31}{2 \cdot 2,813} = 0,05 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{2,47}{2 \cdot 2,938} = 0,42 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,21}{2 \cdot 0,896} = 0,12 \text{ л/с}$$

Таблица 8 – Случай максимального водоразбора (Исправление 2)

№кольца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ , см, л/с	$q$ , л/с	Sq	h
2	2-3			0,09	0,012759	0,00
	3-5			6,01	1,450187	-8,72
	4-5	-0,05	-0,42	2,85	0,757531	2,16
	2-4			13,02	0,468090	6,09
				Сумма	2,688569	-0,46
3	4-5	-0,42	-0,05	2,85	0,757065	-2,16
	5-7	-0,42		3,92	0,96826	-3,80
	4-6	0,42		6,64	0,84952	5,64
	6-7	0,42	0,12	0,97	0,216574	0,21
				сумма	2,791428	-0,10
4	6-7	0,12	-0,42	1,38	0,308329	-0,43
	6-8			1,5	0,455280	0,68
	7-8			1,25	0,253437	-0,32
				сумма	1,017047	-0,06



Гидравлическая увязка сети в момент пожара приведена в таблице 9; расчет исправления приведен в таблиц 10,11,12

Таблица.9 – Случай пожара

№к оль ца	№учас тка	Длина участ- ка L,м	Предварительное распределение воды							
			q,л/с	d,мм	v,м/ с	σ	s <sub>0</sub>	S=s <sub>0</sub> ·σ·L	S·q	h= S·q <sup>2</sup>
1	1-2	490	21,6	160	1,6	0,899	4,591·10 <sup>-5</sup>	0,020223	0,43683	9,44
	1-3	650	20	160	1,49	0,918	4,591·10 <sup>-5</sup>	0,027394	0,54788	-10,96
	2-3	380	3,49	110	0,55	1,145	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,140928	0,49184	1,72
								Сумма:	1,47656	0,19
2	2-3	380	3,49	110	0,55	1,145	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,140928	0,491841	-1,72
	3-5	790	19,03	160	1,41	0,926	4,591·10 <sup>-5</sup>	0,033585	0,63912	-12,16
	4-5	625	4,52	110	0,71	1,084	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,219442	0,9987	4,48
	2-4	400	15	160	1,12	0,977	4,591·10 <sup>-5</sup>	0,017941	0,26912	4,04
								Сумма:	2,39196	-5,36
3	4-5	625	4,52	110	0,71	1,084	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,219442	0,99187	-4,48
	5-7	620	3,56	110	0,56	1,145	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,229936	0,811857	-2,91
	4-6	395	7	110	1,1	0,981	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,125509	0,87856	6,15
	6-7	525	1,56	110	0,25	1,368	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,232624	0,36289	0,57
								Сумма:	3,05191	-0,68
4	6-7	525	1,56	110	0,25	1,368	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,232624	0,36289	-0,57
	6-8	685	1,5	110	0,24	1,368	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,303520	0,45528	0,68
	7-8	435	1,25	110	0,2	1,439	3,239·10 <sup>-4</sup>	0,202750	0,25343	-0,32
								Сумма:	1,07161	-0,20

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{0,19}{2 \cdot 1,477} = 0,07 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{5,36}{2 \cdot 2,392} = 1,12 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{0,68}{2 \cdot 3,052} = 0,11 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{0,2}{2 \cdot 1,072} = 0,09$$

Таблица 10 – Случай пожара (Исправление 1) л/с

№кольца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ , см, л/с	$q$ , л/с	$Sq$	$h$
1	1-2	-0,07		21,53	0,435503	9,38
	1-3	0,07		20,07	0,549807	-11,03
	2-3	-0,07	-1,12	2,3	0,324136	0,75
				сумма	1,309447	-0,91
2	2-3	-1,12	-0,07	2,30	0,32411	-0,75
	3-5	-1,12		17,91	0,0601507	-10,77
	4-5	1,12	-0,11	5,53	1,213515	6,71
	2-4	1,12		16,12	0,289219	4,66
				Сумма	2,42835	-0,15
3	4-5	-0,11	-1,12	3,29	0,721698	-2,37
	5-7	-0,11		3,45	0,793281	-2,74
	4-6	0,11		7,11	0,892373	6,34
	6-7	0,11		1,58	0,367547	0,58
				сумма	2,774811	1,82
4	6-7	-0,09	0,11	1,58	0,366776	-,058
	6-8	0,09		1,59	0,482591	0,77
	7-8	-0,09		1,16	0,235190	-0,27
				сумма	1,0845637	-0,08

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,91}{2 \cdot 1,309} = 0,35 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{-0,15}{2 \cdot 2,428} = 0,03 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,82}{2 \cdot 2,775} = 0,33 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,08}{2 \cdot 1,058} = 0,04 \text{ л/с}$$

Таблица 11 – Случай пожара (Исправление 2)

№кольца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ , см, л/с	$q$ , л/с	Sq	h
1	1-2	0,35		21,88	0,442537	9,68
	1-3	0,35		20,42	0,559395	-11,42
	2-3	-0,35	-0,03	1,92	0,270583	0,52
				сумма	1,270583	-1,22
2	2-3	-0,03	-0,35	1,92	1,272516	-0,52
	3-5	-0,03		17,88	0,2705655	-10,74
	4-5	0,03	0,33	5,89	0,600499	7,61
	2-4	0,03		16,15	1,292514	4,68
				Сумма	0,289757	1,04
3	4-5	0,33		3,65	2,453337	-2,92
	5-7	0,33		3,78	0,799990	-3,29
	4-6	-0,33		6,78	0,869160	5,77
	6-7	-0,33	-0,04	0,97	0,225646	0,22
				сумма	2,74575	-0,21
4	6-7	-0,04	-0,33	1,20	0,281025	-0,34
	6-8	0,04		1,63	0,494737	0,81
	7-8	-0,04		1,12	0,227080	-0,25
				сумма	1,002843	0,21

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,22}{2 \cdot 1,273} = 0,48 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,04}{2 \cdot 2,453} = 0,03 \text{ л/с}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,21}{2 \cdot 2,746} = 0,04 \text{ л/с}$$

Таблица 12 – Случай пожара (Исправление 3)

№кольца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ , см, л/с	$q$ , л/с	Sq	h
1	1-2	0,48		22,36		10,11
	1-3	-0,48		19,94		-10,89
	2-3	0,48	0,21	2,61		0,96
				сумма		0,18
2	2-3	0,21	0,48	2,61		-0,96
	3-5	0,21		18,09		-10,99
	4-5	-0,21	-0,04	5,64		6,98
	2-4	-0,21		15,95		4,56
				Сумма		-0,41
3	4-5	-0,04	-0,21	3,40		-2,53
	5-7	0,00		3,78		-3,29
	4-6	0,00		6,78		5,77
	6-7	0,00	0	0,97		0,22
				сумма		0,17

## 2.7 Гидравлический расчёт водоводов

Расчёт водоводов при максимальном водоразборе приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчёт водоводов при максимальном водоразборе

№кол ьца	Длина участка L,м	Предварительное распределение воды							
		q,л/с	d,мм	v,м/с	$\sigma$	$s_0$	$S=s_0 \cdot \sigma \cdot L$	$S \cdot q$	$h= S \cdot q^2$
НС-1	500	29,4	225	0,94	1,012	$7,715 \cdot 10^{-6}$	$3,904 \cdot 10^{-3}$	$11,48 \cdot 10^{-2}$	3,38

## 3 Система с частотным управлением

Система с частотным управлением гарантирует постоянное ровное давление в системе в условиях постоянно изменяющегося расхода. Это означает, что если открыт только один кран, то насос будет работать на низких оборотах (при этом датчики давления и расхода будут давать постоянную обратную связь о расходе в данный момент), а как только Вы приоткроете кран, расход увеличится и вырастут обороты, при этом давление останется прежним. В результате насосы с частотным управлением очень энергоэффективны и намного комфортней с точки зрения бытового использования, и вместе с этим, за счет оптимальных оборотов электродвигателя, срок их службы увеличен.

Так как в гидравлическом расчёте трубопроводов отсутствуют водонапорные башни, то ставим насосную станцию с частотным управлением, она обеспечит работу с поддержанием постоянного давления, а преобразователь будет регулировать частоту вращения насоса с таким расчетом, чтобы при изменении расхода воды давление в сети оставалось неизменным. Выбираем систему частотно регулируемого насоса марки 3E.SYBOX + E.SYTWIN+E.SYDOCK с техническими характеристиками:

Макс. Расход -  $21,5 \text{ м}^3/\text{ч}$

Максимальный напор - 60 м

Потребляемая мощность - 1550(Вт) X 3

Вес - 87(кг)



Рис.1 Насосная станция с частотным регулированием

### 3.1 Подбор работы насосов

Работа Насосной Станции II подъема используется для подачи воды в водопроводную систему и задается ступенчато, при этом подача осуществляется разным числом насосов. Подача станций второго подъема меняется на протяжении суток. Максимальное потребление воды, в основном, происходит в утренние и вечерние часы. Насосы необходимо подбирать с расчетом того, чтобы они смогли обеспечить максимальную подачу в час пик расхода.

Количество насосов и время их работы определяется согласно в зависимости от  $Q_{сут.мах}$ . Так как  $Q_{сут.мах}=1397 \text{ м}^3/\text{ч}$ , то принимаем 3 насоса марки Grundfos CR 20-3 и 1 резервный со следующими техническими характеристиками:

- Номинальный расход,  $\text{м}^3/\text{ч}$  - 21
- Номинальный напор, м - 35
- Номинальная мощность, кВт - 4
- Частота вращения, об/мин - 2940
- Вес, кг - 71
- Размеры (ДхШхВ) - 300x256x837 мм
- Макс. рабочее давление, бар - 16
- Число ступеней насоса - 3

### 4 Классификация водозаборов и требования к водозаборам систем водоснабжения

Водозабор может производиться из поверхностных источников: рек, озер, водохранилищ и морей; а также из подземных источников: колодцев, скважин, родников. Водозаборными сооружениями, или водозабором, называются гидротехниче-

ские устройства для забора воды из источника, с целью ее последующего использования в питьевых или хозяйственных целях, ее предварительной очистки и подачи под необходимым напором в сеть или на очистные сооружения системы водоснабжения. Водозаборы, используемые в различных отраслях водного хозяйства, имеют существенные различия. Водозаборы для коммунального водоснабжения работают непрерывно в течение всего года и не допускают, как правило, перерывов в подаче воды. Водозаборы различают:

По виду водоисточника – речные, водохранилищные, из каналов, озерные и морские;

По назначению- хозяйственно-питьевые и производственные;

По требуемой категории надежности подачи воды – 1-й, 2-й и 3-й (не считая уникальных и временных сооружений);

По производительности – малой (до  $1\text{ м}^3/\text{с}$ ), средней (от 1 до 6  $\text{м}^3/\text{с}$ ), и большой (более 6  $\text{м}^3/\text{с}$ );

По компоновке береговых колодцев и насосных станций 1-го подъема – совмещенные, когда насосная станция и колодец komponуется в виде одного сооружения, и отдельные, когда они осуществляются в виде комплекса сооружений;

По месту расположения водоприемника – береговые и русловые;

По способу приема воды – открытый поверхностный, глубинный, донный, фильтрующий, инфильтрационный и комбинированный;

По конструктивным особенностям водоприемника – раструбные, ряжевые, бетонные и железобетонные, затопляемые и незатопляемые, с водоподводящим каналом или ковшом;

По степени стационарности – стационарные, фуникулерные и плавучие;

По сроку эксплуатации – постоянные и временные.

Водозаборные сооружения должны обеспечивать бесперебойность забора воды при самых неблагоприятных возможных при выбранной обеспеченности сочетаниях гидрологических, гидравлических, термомедовых и других условий. Они должны обеспечивать с необходимой надежностью забор из водоисточника расчетного расхода и подачу его потребителю, не только в обычных, но и в особых условиях: при колебаниях расходов уровней воды открытых источников в пределах соответствующей обеспеченности; образования донного льда и шуги, заторов и зажоров; развитие планктона, водорослей, ракушек и других водных организмов, затрудняющих забор воды; возможных переформирования русла и изменениях качества воды; изменения гидрологических характеристик источника, связанных с зарегулированием рек, их использованием для энергетических и мелиоративных целей; развитии или деградации границы многолетнемерзлых грунтов и других причинах.

#### **4.1 Природные условия заборы воды из поверхностных источников**

Для выбора источника водоснабжения проводятся химико-санитарные изыскания, , гидрологические (для поверхностных вод), топографические, гидрогеологические (для подземных вод).

Основными показателями, характеризующими условия забора воды, являются: обеспечение необходимых потребителю расходов воды с учетом перспективного развития объектов, его глубина, уровенный режим, структура потока в месте расположения водозаборных сооружений, термический, гидробиологический и качественный режимы водных масс источника, его ледовый режим, шугоносность, особенности режима наносов, обеспечение качества воды, наилучшим образом соответствующей требованиям потребителей, либо позволяющей достичь такого качества после очистки и т.п. В зависимости от сочетания этих показателей условия забора воды из поверхностных источников принято делить на легкие, средние, тяжелые и очень тяжелые

## **4.2 Типы водозаборов**

### **4.3 Водозабор берегового типа**

В водозаборах берегового типа окна или просто отверстия для приема вода устраиваются в самом береговом колодце и всегда доступны для осмотра и обслуживания, что повышает гарантию бесперебойной подачи воды их оценивают на категорию выше.

Водоприемные колодцы у береговых водозаборов располагаются непосредственно у берега, что требует больших глубин в водоисточнике недалеко от береговой черты, кроме того, по условиям устройства сопрягающей дамбы, которая соединяет водоприемный колодец с берегом рельеф берега должен быть также достаточно крутым, чтобы сократить затраты на строительство и избежать значительных изменений режима речного потока в районе сооружения.

При большой амплитуде колебания уровня воды в источнике по высоте колодца делают два ряда водоприемных отверстий. Верхние отверстия работают при высоких уровнях воды, когда в нижних, природных слоях может быть больше количество влекомых водой взвешенных веществ. При нижних уровнях воды работают только нижние отверстия. Последние работают и при наличии в верхних потоках воды шуги. При незначительном колебании уровня воды в источнике устраивают только один ряд отверстий.

По схеме берегового типа обычно устраивают водозабор средней и большой производительности.

Обобщение опыта эксплуатации показывает, что затруднения в работе водозаборов берегового типа обычно обусловлены завалом подхода к водоприемным окнам продуктами переработки берегов с прилегающих участков прибрежных склонов, захватом в них воды, транспортируемой вдольбереговыми течениями, с повышенным содержанием взвеси, планктона, а также переохлажденной воды в преддоставные периоды.

#### **4.4 Водозабор руслового типа**

Водозаборы руслового типа устраивают при пологих берегах и дне реки, когда требуемое для приема воды глубины находятся на значительном расстоянии от берега.

Водоприемники русловых водозаборов затоплены и удалены от берега, а их водоприемные отверстия в отдельные периоды года (например, при шугоходе оказываются практически недоступными, что снижает надежность их работы. Это водозаборы, как правило, малой и средней производительности. Для приема воды из реки или канала служит специально оформленное водоприемное сооружение - оголовок, от которого вода по самотечным или сифонным водоводам поступает в береговой сетчатый колодец.

Если прием воды береговыми водозаборами при меженных и минимальных уровнях затруднен, для повешения надежности работы сооружений применяют комбинированный прием воды: в одном сооружении совмещают русловой и береговой водозаборы, соответственно, при низких и высоких уровнях воды или водозабор с самотечными трубами при высоких и с сифонными линиями при низких уровнях воды

Насосная станция 1-го подъема может быть отдельностоящей и конструктивно объединенной с береговым колодцем, т.е. по этому признаку водозаборы бывают раздельной или совмещенной компоновки.

Обычно береговые и русловые водозаборы с затопленным или не затопленным водоприемником применяют при водоотборах из рек равнинного типа, не превышающих 25% минимального расхода в источниках. При водоотборах 25%..75% минимального расхода, применение таких водозаборных сооружений возможно только на незашугованных открытых участках источника с особо благоприятной формой и состоянием русла.

#### **4.5 Водозабор инфильтрационного типа**

Инфильтрационные водозаборные сооружения представляют собой скважины, шахтные колодцы или горизонтальные водозаборы, располагаемые вдоль реки с песчаными или песчано-гравелистыми берегами. Различают инфильтрационные водозаборы: береговые - расположенные вдоль берегов поверхностных водоемов, и подрусовые - располагаемые под их руслом

Инфильтрационными называются такие водозаборные сооружения, в которые речная вода поступает не непосредственно из реки, а предварительно профильтрованная через толщу грунтов берега или дна реки. Профильтрованная через грунт вода хорошо осветляется, так как взвешенные частицы задерживаются в порах грунта. Поэтому применение инфильтрационных водозаборов целесообразно при заборе воды для питьевых целей

Применение инфильтрационных водозаборов имеет большие преимущества. Во-первых, забираемая вода, пройдя через естественный фильтр, освобождается от взвеси, которая находится в поверхностной воде; во-вторых,- понижается цветность



воды; в-третьих, улучшается ее санитарное качество; в-четвертых, облегчаются условия забора воды из шугоносных рек. Кроме того, применение инфильтрационных водозаборов позволяет забирать воду из водоисточников с малыми глубинами, а также из рек с неустойчивыми руслами.

#### 4.6 Расчет инфильтрационного водозабора

При расчете скважины в большинстве случаев заданным является требуемое количество забираемой воды. Иногда на основании расчета устанавливается максимально возможный дебит колодца. До проведения расчета в результате изысканий должны быть установлены: глубина залегания и мощность водоносного пласта, его водопроницаемость, водоотдача, характеристика грунтов, слагающих водоносный пласт, и другие особенности природных условий, например, влияние реки на подземные воды. При расчетах определяют величину понижения уровня при заданном отборе воды и намечаемом числе скважин (и их размерах – диаметре, глубине), а также расстояниях между ними или возможный отбор воды при заданном (допустимом) понижении уровня и всех прочих параметрах. Приток воды к совершенной скважине определяют по формуле Дюпюи

$$Q_{\text{скв}} = \frac{2,73 \cdot K_{\text{ф}} \cdot m \cdot S}{\log \frac{R}{r}}, \quad (4.1)$$

где,  $K_{\text{ф}}$ - коэффициент фильтрации для крупнозернистых грунтов, 25 м/сут  
 $M$ - мощность водоносного слоя 25м  
 $S$ -понижение уровня воды в скважине 2,5м  
 $R$ -условный радиус притока воды к скважине 300м  
 $r$ -радиус скважины в его водоприемной части 0,1м

$$Q_{\text{скв}} = \frac{2,73 \cdot 25 \cdot 25 \cdot 2,5}{\log \frac{300}{0,1}} = 1273,32 \text{ м}^3/\text{сут},$$

Дебит скважины в полном объеме обеспечивает водопотребление района.  
 Принимаем требуемое количество скважин по формуле:

$$n = \frac{Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{скв}}} \quad (4.2)$$

где,  $Q_{\text{общ}}$  – общий расход воды населённого пункта, м<sup>3</sup>/сут

$Q_{\text{скв}}$  – дебит скважины, м<sup>3</sup>/сут

$$n = \frac{1928}{1273,32} = 1,51 \approx 2 \text{ скважины}$$

Принимаем 2 скважины. Определяем количество резервных скважин в зависимости от числа основных. Отсюда  $n_{рез} = 1$  скважина. Общее количество скважин будет равно:

$$N = n + n_{рез} \quad (4.3)$$

$$N = 2 + 1 = 3 \text{ скважины}$$

## 5 Насосное оборудование

Основным оборудованием для подъема воды из скважины является так называемый скважинный насос, диаметр корпуса которого немного меньше внутреннего диаметра обсадной колонны скважины. Работу насосов следует принимать в повторно кратковременном режиме совместно с регулирующей емкостью. Производительность насосов при этом должна составлять не менее максимального часового расхода воды, для которого проектируется автономная система водоснабжения.

Принимаем 2 насоса и 1 резервный Grundfos SP 30-7 со следующими техническими характеристиками:

Частота вращения - 2900 об/м

Номинальный расход - 30 м<sup>3</sup>/ч

Номинальный напор - 53 м

Номинальная мощность - P2 – 7,5 кВт

Полный вес - 54.4 кг

### 5.1 Грузоподъемное оборудование

Для регулярного осмотра, прочистки, монтажа и демонтажа оборудования на водозаборах предусматривают грузоподъемные устройства. Грузоподъемность оборудования следует принимать исходя из максимального веса оборудования и арматуры в собранном виде.

Монтаж и демонтаж скважинного насоса предусматривается через люк павильона. Для этого используют различные типы грузоподъемных механизмов, которые выбираются с учетом размеров сооружений, компоновки технологического оборудования, его размеров и максимальной массы поднимаемого элемента. Для подъема и опускания насоса в скважину применяем электрическую таль марки ВН250А грузоподъемностью 0,25т. Таль ВН250А, применяется там, где требуется осуществлять подъем груза на большую высоту до 60м. Данные электротали работают от сети 230В. Конструкция тали: канат, шнуры питания, крепежные скобы, крюк, а также пульт управления. Характеристики тали приведены ниже в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики тали ВН250А

Высота подъема, м	Размеры тали, мм			Установленная мощность, кВт	Грузоподъемность, кг	Номинальная скорость, м/мин	Масса тали, м
	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>				
60	540	365	290	1,3	250	15	32

## **5.2 Оборудование для промывки скважины при заиливании**

Заиливание скважины – это проникновение нерастворимых частиц ила, песка, породы внутрь водозаборной части и фильтра. Из-за конструктивных особенностей фильтр не способен уловить крупинки, они имеют размеры меньшие, чем шаг фильтрующей сетки, поэтому, в процессе эксплуатации, они проникают в скважину и оседают на дне. Стандартными способами восстановления скважины являются ее промывка и продувка. Суть этих методов состоит в подаче на дно сооружения воды или сжатого воздуха под большим давлением. А радикальным методом считается полное откачивание воды из забитой скважины с помощью которой захватываются и удаляются осевшие на дне загрязнения. Для прокачки воды необходим мощный насос, способный качать воду вместе с содержащейся в ней грязью, илом и песком. Такой насос может прокачивать воду даже с мелкими камнями, диаметром до 0,5 сантиметра. Перед прокачкой необходимо взболтать воду поданной через шланг струей воздуха, при этом слежавшийся на дне осадок равномерно распределится в объеме воды и большая часть его удалится при откачке. Выкачиваемую воду можно сливать в любое удобное место, соблюдая чистоту возле скважины. Для производства монтажа устанавливаем грузоподъемное оборудование. Так как скважина оборудована павильоном, то для спуска насоса на глубину 51,5 м подбираем подъемник типа таль.

Подбор насоса для прокачки принимаем центробежный погружной насос ЦНП 100/80, со следующими техническими характеристиками:

подача – 100 м<sup>3</sup>/ч;

напор – 80 м;

КПД насоса – 68 %;

мощность электродвигателя – 45 кВт;

частота вращения– 3000 об/мин;

масса– 440 кг;

температура перекачиваемой среды от +3...+60 0С.

## **6 Схема водоподготовки**

### **6.1 Устройство фильтра**

В результате постоянного негативного воздействия твердых частиц очень быстро разрушаются детали корпуса насоса, изнашиваются системы уплотнения, из-за чего падает производительность оборудования.

Твердые частицы пород, попадая в насос, нередко становятся причиной заклинивания привода. От песка, ила и глины страдает не только насос.

Наличие механических взвесей в системе водоснабжения приводит к забиванию водопровода, раннему износу запорной арматуры, снижению ресурса систем очистки питьевой воды.

Чтобы избежать подобных неприятностей, на скважинный насос устанавливается специальный фильтр грубой очистки, исключая попадание в систему механических фракций размером более 50-100 мкм.

Фильтр является ответственной частью скважины: от того, насколько правильно и надёжно устроен фильтр, в высокой степени, зависит качество работы всего колодца. Основное назначение фильтра заключается в предохранении водоносного горизонта от обрушения, а также в пропуске воды без механических примесей.

Фильтры состоят из рабочей части (через которую в колодец поступает вода), верхний надфильтровой глухой части с замком для возможности опускания и установки фильтра и нижний также глухой части, которая служит сборником для проникающих колодец мелких частиц грунта.

Подбор фильтра производится по исходным данным, а именно по наименованию материала.

В соответствии с породой водоносного пласта, в соответствии с СП 31.13330.2012 выбираем трубчатые фильтры с круглой и щелевой перфорацией.

## 6.2 Расчет напорного фильтра

Диаметр фильтра определяется по формуле

$$D_{\phi} = \frac{Q_{max}}{\pi \cdot l_{\phi} \cdot v_{\phi}} \quad (6.1)$$

Где,  $Q_{max}$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/сут;

$l_{\phi}$  – длина рабочей водоприемной части фильтра, м;

$$l_{\phi} = 0,8 \cdot M \quad (6.2)$$

$$l_{\phi} = 0,8 \cdot 25 = 20$$

M- мощность водоносного пласта

$v_{\phi}$  – скорость фильтрации, м/сут

$$v_{\phi} = 65 \cdot \sqrt[3]{K_{\phi}} \quad (6.3)$$

Где,  $K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации водоносного пласта, 25 м/сут.

$$v_{\phi} = 65 \cdot \sqrt[3]{25} = 189,8 \text{ м/сут}$$

$$D_{\phi} = \frac{720}{3,14 \cdot 20 \cdot 189,8} = 0,0604 \text{ м}$$

Принимаем диаметр фильтра 604 мм.

Диаметр эксплуатационной колонны обсадных труб:

$$D_{\phi} = D_{\phi} + 50 \quad (6.4)$$

где,  $D_{\phi}$  – диаметр фильтра, мм

$$D_3 = 604 + 50 = 654 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр эксплуатационной колонны 654 мм.  
Внутренний диаметр направляющей трубы:

$$D_H = D_3 + 100 \tag{6.5}$$

$$D_H = 654 + 100 = 754 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр направляющей трубы 754 мм.  
Диаметр забоя определяется по формуле:

$$D_3 = \frac{D_\phi}{3} \tag{6.7}$$

$$D_3 = 604 / 3 = 201$$

Потери напора на фильтре определяются по формуле

$$\Delta S = a_\phi \sqrt{\frac{Q \cdot S}{k_\phi l_\phi d_\phi}}, \text{ м} \tag{6.8}$$

где,  $a_\phi$  – коэффициент, зависящий от типа фильтра, 0,42;

$Q$  – производительность скважины, 1273,32 м<sup>3</sup>/сут;

$S$  – понижение уровня, 2,5 м;

$k_\phi$  – коэффициент фильтрации, м/с;

$l_\phi$  – рабочая длина фильтра, 20 м;

$D_\phi$  – диаметр фильтра, 0,0604 м.

Потери напора на фильтре составят:

$$\Delta S = 0,42 \sqrt{\frac{910,35 \cdot 3}{25 \cdot 7,5 \cdot 0,144}} = 4,22 \text{ м}$$

### 6.3 Подбор фильтра

Тип фильтра	Материалы для изготовления	Особенности конструкции	Область применения
трубчатые с круглой и щелевой перфорацией	Трубы металлические, пластмассовые, керамические, асбестоцементные, фанерные	Скважность трубчатого каркаса фильтра 20....25%. Диаметр отверстий и ширина щелей определяются размером преобладающих фракций породы или обсыпки	Во всех видах водоносных пород при всех глубинах скважин

## **7 Методы водоподготовки**

Содержание железа в воде придает ей буроватую окраску, металлический привкус, вызывает коррозию труб. В подземных водах железо встречается обычно в двухвалентной форме (в растворенном состоянии). Необходимая степень обезжелезивания воды определяются конечными целями, для которых эта вода будет использоваться и нормируется ГОСТ.....СанПин .....Для хозяйственно-питьевого назначения концентрация железа не должна превышать 0.03 мг/дм<sup>3</sup>. И хотя на сегодняшний день не существует единого универсального метода комплексного удаления всех существующих форм железа из воды, используя ту или иную схему очистки, можно добиться желаемого результата в каждом конкретном случае.

### **7.1 Окислительное обезжелезивание**

Данный способ удаления из воды железа подразумевает применение веществ, переводящих железо из растворенной формы в трехвалентное состояние, т.е. окисленную форму (железо проявляется в виде рыжего осадка, хлопьев). В качестве окислителей может применяться кислород, хлор и хлорсодержащие вещества, перманганат калия, озон, перекись водорода. Самыми распространенными являются первые три. Образованный в результате такого окисления нерастворимый осадок гидроксида железа (III) удаляется отстаиванием, отстаиванием с добавлением коагулянтов и флокулянтов (А-Т 9.303) и (или) фильтрацией.

### **7.2 Аэрация**

Аэрация в водоочистке подразумевает процесс контакта и взаимодействия воды с воздухом в аэрационной колонне, емкости или аэрационной трубе. То есть, смешивание водной массы с атмосферным кислородом путём распыления воды, либо принудительно, под давлением, подавая пузырьки воздуха в воду. Необходимость данного процесса вызвана физико-химическими свойствами примесей и требующих процедур для их извлечения. В первую очередь кислород является эффективным окислителем двухвалентного (растворённого) железа и марганца. В момент смешивания воды с кислородом, находящееся двухвалентное железо окисляется до нерастворимой трёхвалентной формы в виде взвешенного осадка. Удаление углекислоты при этом ускоряет реакцию окисления. Далее образовавшейся впоследствии гидроксид железа (красно-коричневый осадок) следует извлечь с помощью фильтрующего материала или мелкопористого фильтра. То есть, создающееся из ионов и гидроксидов железа каталитическая плёнка на поверхности гранул обезжелезивающих загрузок эффективно ускоряет осаждение. По этой причине, процесс обезжелезивание аэрацией представляет собой первоначальное окисление железа и марганца до не растворимой формы, а затем задерживание и полное осаждение в фильтре обезжелезивания или осадочном фильтре. Стоит отметить, наличие в воде сероводорода, свободной углекислоты или аммиака, заметно ухудшают фильтрующие свойства обезжелезивателей. Поэтому, благодаря очистке от сероводорода и других га-

зообразных примесей, аэрация воды обеспечивает надежное удаление железа и значительно улучшает органолептические свойства воды.

### **7.3 Окисление двухвалентного железа с добавлением сильных окислителей**

Добавление в воду сильных окислителей значительно интенсифицирует процесс окисления двухвалентного железа. Наиболее широко применяется хлорирование, позволяющее также решить проблему дезинфекции воды, а наиболее эффективным оказывается озонирование. Вследствие того, что, за исключением озона, другие окислители оказываются малоэффективными по отношению к органическому железу. Однако озонирование является и наиболее дорогостоящим методом, требующим больших затрат электроэнергии. Кроме того, практически всегда обезжелезивание происходит одновременно с удалением из воды марганца, который окисляется значительно труднее, чем железо, и при более высоких значениях рН.

### **7.4 Осаждение коллоидного железа традиционным промышленным способом**

В обычных условиях процесс осаждения коллоидных частиц гидроксида трехвалентного железа (размер частиц 1–3 мкм) при отстаивании происходит медленно. Укрупнения частиц и, следовательно, ускорения осаждения достигают добавлением коагулянтов. Этого же требует использование на очистительных сооружениях песчаных или антрацитовых фильтров, не способных задерживать мелкие частицы. Так же плохо эти фильтры задерживают органическое железо.

Медленное осаждение коллоидных частиц гидроксида железа (III) вкуче с малой эффективностью применения окислителей и аэрации по отношению к органическому железу, а также ограничение по верхней концентрации железа в исходной воде затрудняет применение традиционной промышленной схемы обезжелезивания в сравнительно небольших автономных системах, работающих с высокой производительностью. В таких схемах применяются иные установки, обезжелезивание в которых проводится по принципам каталитического окисления с последующей фильтрацией и ионообмена

### **7.5 Каталитическое окисление с фильтрацией**

Фильтрование с применением каталитических загрузок – наиболее распространенный метод удаления железа и марганца, применяемый в высокопроизводительных компактных системах.

Это обусловлено как коммерческими аспектами, так и высокой технологичностью процессов. Каталитические наполнители – природные материалы, содержащие диоксид марганца или загрузки, в которые диоксид марганца введен при соответствующей обработке:

дробленый пиролюзит, «черный песок», сульфоуголь и МЖФ (отечественные загрузки);

Manganese Green Sand (MGS), Birm, MTM (зарубежные наполнители);

Эти фильтрующие «засыпки» отличаются друг от друга как своими физическими характеристиками, так и содержанием диоксида марганца и поэтому эффективно работают в разных диапазонах значений характеризующих воду параметров. Однако принцип их работы одинаков. Механизм действия основан на способности соединений марганца сравнительно легко изменять валентное состояние.

Двухвалентное железо в исходной воде окисляется высшими оксидами марганца. Последние восстанавливаются до низших ступеней окисления, а далее вновь окисляются до высших оксидов растворенным кислородом и перманганатом калия. Впоследствии большая часть окисленного и задержанного на фильтрующем материале железа вымывается в дренаж при обратной промывке. Таким образом, слой гранулированного катализатора служит одновременно и фильтрующей средой.

Для улучшения процесса окисления в воду могут добавляться дополнительные химические окислители. При проведении процесса следует иметь в виду, что для эффективного окисления соединений железа (и марганца) необходимо как наличие катализатора, который только ускоряет процесс, так и реагента-окислителя. В роли последнего может выступать растворенный кислород, высшие соединения марганца, хлор, гипохлорит.

С этой точки зрения разделение методов обезжелезивания (на реагентные и безреагентные) носит условный характер. В любом случае в ходе реакции расходуется окислитель независимо от того, вводится он извне или входит в состав фильтрующей загрузки. В последнем случае следует определить ресурс загрузки, исходя из состава воды и ее расхода, а также обеспечить своевременную регенерацию или замену фильтрующего материала.

Все системы на основе каталитического окисления с помощью диоксида марганца имеют ряд ограничений:

неэффективны в отношении органического железа;

при наличии в воде любой из форм органического железа, на поверхности гранул фильтрующего материала со временем образуется органическая пленка, изолирующая катализатор (диоксид марганца) от воды;

не могут справиться со случаями, когда содержание железа в воде превышает 10–15 мг/л, что совсем не редкость. Присутствие в воде марганца еще более ухудшает эффективность обезжелезивания.

Каталитические наполнители («черный песок» и сульфоуголь) позволяют вести процесс фильтрования со скоростью 10 м/ч при высоте слоя наполнителя 1 м.

«Черный песок» получают путем обработки кварцевого песка с размером частиц 0,5–1,2 мм 1%-ным раствором перманганата калия с его подщелачиванием до pH = 8,5–9 раствором аммиака.

Для обработки сульфоугля используют 10%-ный раствор хлорида марганца (MnCl<sub>2</sub>). Далее через него фильтруют 1%-ный раствор перманганата калия.

Марганец вытесняется из структуры наполнителя и осаждается на поверхности угля в виде пленки. Обезжелезивание воды катионированием.



При фильтрации воды через слой ионита железо – согласно лиотропному ряду – будет задерживаться и поглощаться ионитом раньше и лучше кальция и магния. И обменная емкость ионита по кальцию и магнию будет быстро уменьшаться. Поэтому удаление из воды железа методом ионного обмена (катионирование) допускается, когда одновременно с обезжелезиванием требуется умягчение воды.

Однако в этом случае возможно только извлечь железо в растворенной двухвалентной форме.

При наличии в воде кислорода ион  $Fe^{2+}$  окисляется, образующийся гидроксид железа  $Fe(OH)_3$  плохо растворим в воде и, осаждаясь на зернах ионита, «закрывает» его поры. Ресурс работы ионообменного материала будет значительно снижен, поэтому производители ионитов ограничивают содержание железа (Fe) в исходной воде значениями 0,05–0,3 мг/л. Следовательно, применение этого метода должно быть экономически обосновано. Современные эффективные способы удаления органического железа – сорбция на специальных слабоосновных анионитах (органопоглотителях) и ультрафильтрация.

Существуют и другие материалы с каталитической и окислительной активностью применяемые в качестве засыпок для фильтров обезжелезивателей, но на примере вышеуказанных можно получить представление об основных принципах удаления железа данным способом.

## 7.6 Ионообменный метод удаления железа

Метод очистки воды при помощи ионного обмена основан на замещении одних ионов, связанных с функциональными группами ионообменного материала, на другие. При этом происходит извлечение из воды нежелательных ионов, которые в результате переходят в фазу ионообменного материала и химически связываются с ней, а в водную фазу переходят ионы, не представляющие опасности для здоровья человека. Этот способ подходит для очистки воды от ионов тяжелых металлов и обессоливания. При реализации процесса очистки методом ионного обмена вода пропускается через иониты – нерастворимые твердые полимеры, в состав которых входят функциональные группы, способные к обмену ионами с электролитами.

В зависимости от функциональных свойств ионитов различают следующие их типы.

Катиониты. У ионитов данного типа функциональные группы обладают кислотными свойствами, т. е. они способны к ионному обмену с положительно заряженными ионами – катионами. Регенерацию катионитов (т. е. восстановление их способности к поглощению катионов загрязняющих веществ) проводят с помощью обработки растворами сильных кислот. Аниониты. Аниониты способны к обмену с отрицательно заряженными частицами раствора – анионами. В зависимости от свойств функциональных групп анионитов выделяют сильно-, слабо- и среднеосновные подтипы. Полиамфолиты. Иониты данного типа сочетают в себе свойства катионитов и анионитов и способны к обмену с водным раствором как катионами, так и анионами. Метод очистки с применением технологии ионного обмена используется для удаления из раствора катионов, обуславливающих жесткость воды, таких

как кальций, магний, железо, катионов тяжелых металлов, а также с целью декарбонизации воды (удаления гидрокарбонат-ионов за счет их перевода в слабую угольную кислоту с последующим разложением до углекислого газа и воды). На поверхности ионита находятся функциональные группы (остатки кислот или оснований), заряд которых компенсируется расположенными вблизи противоположными, слабо связанными с функциональными группами. В процессе ионного обмена происходит замещение безопасных противоположных ионов, изначально находящихся рядом с функциональными группами в фазе ионита, на ионы загрязняющих веществ того же знака заряда (положительного или отрицательного), поступающие из воды, которая подвергается очистке.

АМБЕРДЖЕТ 4200 С1 - сильноосновная анионообменная смола типа 1 высокого качества с однородным размером частиц, разработанная для использования в установках обессоливания. Однородность и средний размер частиц АМБЕРДЖЕТ 4200 С1 были оптимально подобраны для использования в промышленном оборудовании, включая фильтры смешанного действия в паре с АМБЕРДЖЕТ 1200 Н или АМБЕРДЖЕТ 1200 Na.

## **7.7 Обезжелезивание мембранными методами**

Мембранные технологии достаточно широко используются в водоподготовке, однако удаление железа отнюдь не главное их предназначение, скорее побочный эффект. Этим и объясняется тот факт, что применение мембран пока не входит в число стандартных методов борьбы с присутствием в воде железа. Основное назначение мембранных систем - удаление бактерий, простейших и вирусов"), частичное или глубокое обессоливание, подготовка высококачественной питьевой воды. То есть они предназначены для глубокой доочистки воды. Микрофилтрационные мембраны пригодны для удаления уже окисленного трехвалентного железа, ультрафилтрационные и нанофилтрационные мембраны также способны удалять коллоидное и бактериальное железо, а обратноосмотические мембраны удаляют даже растворенное органическое и неорганическое железо.

Однако мембранные методы дорогостоящи и не предназначаются конкретно для обезжелезивания. Это происходит в процессе обеззараживания воды (микрофилтрационные мембраны), при глубокой ее очистке (ультрафилтрационные и нанофилтрационные) или обессоливания (обратный осмос).

Кроме того, мембраны легко подвергаются зарастанию органической пленкой и забиванию поверхности нерастворимыми частицами, в том числе ржавчиной, а также поглощают растворенное двухвалентное железо и теряют способность эффективно задерживать другие вещества. Фирмы-производители обратноосмотических мембран гарантируют сохранение их технологических свойств в период эксплуатации при содержании общего железа в воде не более 0,1–0,3 мг/л, взвешенных примесей – не более 0,5–0,6 мг/л, перманганатной окисляемости – не более 5 мг O<sub>2</sub>/л и коллоидном индексе не более 2–4 единиц (параметры, учитывающие содержание органического железа).

Однако применение мембранных методов при водоподготовке оправдано там, где просто необходима высокая степень очистки воды, в том числе и от железа, например, в медицинской или пищевой промышленности

### **7.8 Обратный осмос**

Наиболее прогрессивными системами подготовки питьевой воды в настоящее время являются обратноосмотические системы. Вода, очищенная методом обратного осмоса, обладает прекрасными вкусовыми качествами, так как в ней сохранены растворенные газы, а какие-либо посторонние примеси отсутствуют.

Ключевая компонента такой системы — полупроницаемая мембрана, обеспечивающая степень очистки воды до 98-99% в отношении практически любых загрязнителей. Мембрана пропускает через себя лишь молекулы воды, отфильтровывая всё остальное. Характерный размер пор мембраны — 1 Ангстрем (10<sup>-10</sup> м). Благодаря такой очистке из воды удаляются растворенные неорганические и органические соединения, а также тяжелые металлы, бактерии и вирусы.

Только фильтры обратного осмоса решают проблему жесткости воды и образования накипи полностью. Никакие иные технологии очистки воды, в том числе и с использованием ионообменных материалов, не решают задачу умягчения также эффективно, как это делают системы обратного осмоса. Поэтому, если приоритетной задачей является умягчение воды, то альтернативы фильтрам обратного осмоса не существует.

### **7.9 Ультрафильтрация**

Ультрафильтрация – это способ мембранной очистки жидкости, в процессе которого раствор проходит фильтрацию за счет разности молекулярных масс растворителя и растворенного вещества и разницы давления с обеих сторон мембраны, которая пропускает через себя лишь определенные компоненты раствора. Молекулярные соединения, от которых жидкость необходимо очистить остаются по другую сторону фильтра и не попадают во второй раствор, обогащая исходный фильтруемым веществом. Фактически этот способ чем-то может напомнить метод очистки воды обратного осмоса.

Технология считается инновационной. Растворы не подвергаются химическому и термическому воздействию.

Ультрафильтрация – самый экономичный и эффективный способ очистки жидкости. ультрафильтрация воды имеет и недочеты.

Недостаток состоит в том, что у мембраны может образовываться слой гелиевого осадка, который затрудняет дальнейшую фильтрацию.

Существует несколько решений, позволяющих повысить эффективность работы установки ультрафильтрации:

- подавать раствор в пульсирующем режиме с помощью насоса дозатора;
- подавать турбулентный поток;

- повысить скорость, с которой мембрана обмывается потоком рабочей жидкости.

#### Преимущества

- Небольшое потребление электроэнергии при высоких показателях очистки
- Этот метод очень эффективен в умягчении воды
- Позволяет восстановить ценные компоненты, содержащиеся в жидкости.
- Высокое качество отделения обогащенного взвесями раствора от очищенного фильтрата обусловлено прочностью материала мембран.
- Это надёжный способ освобождения жидкости от различных масел.
- Способ очистки ультрафильтрации самый популярный

### 7.10 Наночистка

Наночистка воды — промежуточный уровень очистки среди ультрафильтрации и обратного осмоса. Наночистка очень похожа на обратный осмос как по принципу разделения среды, так и по уровню рабочего давления. Наночисточные мембраны задерживают органические молекулы избирательно, в зависимости от размера растворенных ионов и абсолютно все типы бактерий и вирусов. За счет избирательного проникновения степень минерализации воды слабо меняется и значительно выше обратноточической. Наночистка отлично умягчает воду, т.е. в воде после очистки существенно понижается жесткость, приблизительно в 10...15 раз. Наночистка существенно понижает цветность и окисляемость воды.

НФ-установки для умягчения имеют множество преимуществ перед традиционными системами, использующими технологию ионного обмена. Наточивания, которые при умягчении больших объемов воды низкорентабельны, что связано со спецификой автоматизации, высокими затратами на NaCl при регенерации и наличием стоков с высоким содержанием). НФ-установки полностью лишены вышеназванных недостатков.

### 8 Расчет напорного фильтра

Определим площадь фильтра. Площадь напорного фильтра определяем по формуле

$$F = \frac{Q_{сут}}{T \cdot v_{р,н} - 3,6 n (\omega_1 t_1 + \omega_2 t_2 + \omega_3 t_3) - n t_4 v_{р,н}}, \quad (8.1)$$

Где,  $Q_{сут}$  - производительность фильтра (полезная) в м<sup>3</sup>/сутки;

$T$  - продолжительность работы станции в течении суток в ч;

$v_{р,н}$  - расчетная скорость фильтрования в м/ч;

$n$  - число промывок фильтров за сутки

$\omega_1 t_1$  - интенсивность в л/сек·м<sup>2</sup> и продолжительность в ч первоначального взрыхления фильтрующей загрузки;

$\omega_2 t_2$ -интенсивность подачи воды в л/сек·м<sup>2</sup> и продолжительность в ч водовоздушной промывки;

$\omega_3 t_3$ - интенсивность в л/сек·м<sup>2</sup> и продолжительность отмывки;

$t_4$ - продолжительность простоя фильтра из-за промывки;

$$F = \frac{1928}{24 \cdot 8 - 3,6 \cdot 2 (12 \cdot 0,25 + 1 \cdot 1 + 0,24 \cdot 0,16) - 2 \cdot 0,33 \cdot 8} = 12,2 \text{ м}^2$$

Расчет количества напорных фильтров определяется по формуле:

$$N = \frac{12,2}{7,1} = 2 \text{ шт.} \quad (8.2)$$

Принимаем сеть рабочих фильтров из 2 рабочих и 1 резервного

Напорный вертикальный фильтр имеет  $D=3$  м. Площадь сорбирующей загрузки фильтра  $f=7,1 \text{ м}^2$

Интенсивность промывки  $\omega = 8$  л/сек·м<sup>2</sup>

Общий расход на промывку на один фильтр  $q_{пр} = 7,1 \cdot 8 = 56,8$  л/сек·м<sup>2</sup>

Диаметр стального коллектора распределительной системы напорного фильтра при скорости входа в него промывной воды  $v_{кол} = 1,07$  м/сек будет  $d_{кол} = 250$  мм

С каждой стороны коллектора размещается по 6-7 ответвлений в виде горизонтальных стальных труб наружным диаметром 60 мм, привариваемых к коллектору под прямым углом на взаимных расстояниях

$$N = \frac{3}{12} = 0,25 \text{ м}$$

На штуцерах ответвлений укрепляются фарфоровые щелевые дренажные колпачки ВТИ-5 составляет необходимая суммарная площадь щелей в дренажных колпачках должна быть 0,8-1% рабочей площади фильтра

$$\sum f_{щ} = 0,008 \frac{\pi \cdot D}{4} = 0,018 \text{ м}^2 \quad (8.3)$$

площадь щелей на каждом колпачке составляет ВТИ-5 составляет:  $f_{щ} = 192$  мм<sup>2</sup> = 0,000192 м<sup>2</sup>

Общее число колпачков на ответвленных распределительной системы

$$n = \frac{0,018}{0,000192} = 98 \text{ шт.} \quad (8.4)$$

Так как фильтр в сечении имеет круглое сечение, то ответвления будут разной длины, а именно: 0,71 ; 0,98 ; 1,14; 1,27 ; 1,33 ; 1,38 ; м.

Суммарная длина всех ответвлений распределительной системы фильтра  $D=3$  м составит :

$$L=4\cdot(0,71+0,98+1,14+1,27+1,33+1,38)27,24 \text{ м}$$

Среднее расстояние между дренажными колпачками определим по формуле:

$$e=\frac{27,24}{98}= 278 \text{ мм} \quad (8.5)$$

На наиболее длинных ответвлениях (в центре фильтра)  $l=1,38\text{м}$  устанавливается по 15 колпачков, а наиболее коротких ответвлениях  $l=0,71\text{м}$  – 8 колпачков.

Количество колпачков на  $1\text{м}^2$  фильтра составляет:

$$n_k=\frac{98}{7,1}= 13 \quad (8.6)$$

Количество промывной воды, приходящейся на один колпачок:

$$Q_{колп} \frac{0,018}{98} = 0,002\text{м}^3/\text{сек} \quad (8.7)$$

Скорость прохода промывной воды сквозь щели колпачка определяется по формуле:

$$V_{щ} = \frac{0,0002}{0,000192} = 1,05 \quad (8.8)$$

Расход промывной воды, приходящейся на наиболее длинное ответвление с числом колпачков  $n = 15$  вычислим по формуле:

$$q_{доме} = 15\cdot 0,002 = 0,03\text{м}^3 \quad (8.9)$$

При допустимой скорости  $v=1,8-2 \text{ м/с}$  диаметр ответвления будет 50мм, что отвечает скорости  $v_{доме} = 1,41 \text{ м/с}$

Сопротивления в щелях дренажных колпачков распределительной системы круглого в плане фильтра, состоящей из центрального коллектора и боковых распределительных труб неравной длины вычисляется по формуле

$$h=\frac{v_{щ}^2}{2\cdot g\cdot \eta^2} \quad (8.10)$$

где,  $v_{щ}$  скорость движения воды в щелях колпачка;

$\eta$  коэффициент расхода, равный 0,5.

Так как  $v_{щ} = 1,05\text{м/с}$ , то

$$h=\frac{0,5^2}{2\cdot 9,8\cdot 0,5^2} = 0,225\text{м} \quad (8.11)$$

На наиболее длинном боковом ответвлении размещено 15 щелевых колпачков , тогда:

$$\sum h = 15 \cdot 0,225 = 3,38 \text{ м}$$

Режим промывки напорных фильтров следующий: взрыхление загрузки ( с интенсивностью  $6-8 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ ) 2 мин ,отмывка водой ( $6-8 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ ) 2 мин.

Отвод промывной воды с напорного фильтра производится при помощи водосборной колонки; диаметр воронки должен быть  $d_g = (0,2 - 0,25) D$  (где  $D$ - диаметр фильтра). Принимаем  $d_g = 600 \text{ мм}$ .

В качестве загрузки фильтров используем Фильтрующий материал марки Manganese Green Sand (MGS, марганцевый зеленый песок) и 1 Амберджет 4200 C1 –  
2

## 9 Методы обеззараживания

Главной целью обеззараживания воды является освобождение ее от патогенных микроорганизмов. Достичь этой цели можно действием физических, механических и химических факторов. К физическим методам обеззараживания воды относятся: высокая температура, ультрафиолетовые и ионизирующие излучения, ультразвуковые колебания, сорбция на активных поверхностях. К механическим - различного рода фильтры, в особенности бактериозадерживающие.

Химические методы основаны на применении различных соединений, обладающих бактерицидным действием. Эти вещества должны отвечать следующим требованиям: не делать воду вредной для здоровья; не изменять ее органолептических свойств; в малых концентрациях и в течение короткого времени контакта оказывать надежное бактерицидное действие; быть удобными в применении и безопасными в обращении; хорошо храниться; производство их должно быть дешевым и доступным. В большей степени этим требованиям отвечает хлор и его препараты, чем и объясняется их широкое применение на практике. Наряду с хлором и его препаратами, применяются или применялись озон, йод, перекись водорода, препараты серебра, органические и неорганические кислоты и другие вещества.

### 9.1 Хлорирование

Наиболее известным методом обеззараживания воды в настоящее время является хлорирование. Широкому распространению хлора в технологиях водоподготовки способствовала его эффективность при обеззараживании природных вод и способность консервировать уже очищенную воду длительное время. Кроме того, предварительное хлорирование воды позволяет снизить цветность воды, устранить ее запах и привкус, уменьшить расход коагулянтов, а также поддерживать удовлетворительное санитарное состояние очистных сооружений станций водоподготовки.

Эффективность, доступность и умеренная стоимость, а так же большой опыт работы с этим реагентом обеспечили хлору исключительную роль - более 90% во-

допроводных станций в мире обеззараживают и обесцвечивают воду хлором, расходуя до 2 млн тонн этого жидкого реагента в год.

Однако хлор как реагент водоподготовки имеет существенные недостатки. Например, хлор и хлорсодержащие соединения обладают высокой токсичностью, что требует строгого соблюдения повышенных требований техники безопасности. Хлор воздействует, в основном, на вегетативные формы микроорганизмов, при этом грамм-положительные штаммы бактерий более устойчивы к воздействию хлора, чем грамм-отрицательные штаммы микроорганизмов.

Высокой резистентностью к действию хлора обладают также вирусы, споры и цисты простейших и яйца гельминтов. Необходимость транспортировки, хранения и применения на водопроводных станциях значительного количества жидкого хлора, а также сбросы этого вещества и его соединений в окружающую среду обусловили высокую экологическую опасность. К тому же, хлор обладает высокой коррозионной активностью.

## **9.2 Гипохлорид натрия**

Достаточная норма окислителя в воде составляет в районе 0,5 мг/л. Очень важно тщательно смешать обработанную воду с реагентом и находиться с ним в контакте минимум в течение получаса до потребления. Хлорирование питьевой гипохлоритом натрия гарантирует надежную дезинфекцию от патогенных вирусов, бактерий, простейших организмов. Гипохлорит безопасен, взрывоопасных свойств не имеет. Также данный элемент имеет повышенную активность в сравнении с тем же хлорами, не токсичен.

Гипохлорит безопасен, взрывоопасных свойств не имеет. Также данный элемент имеет повышенную активность в сравнении с тем же хлорами, не токсичен.

Преимущества хлорирования:

- окислитель не требует транспортировки,
- хранения химикатов;
- реагент высокоэффективен против большинства бактерий.

Недостатки:

- активность хлора теряется даже при продолжительном хранении;
- бессильный против цист;
- опасный из-за способности выделять хлор в газообразном состоянии;
- накопление хлоратов при превышении концентрации в растворе 9 рН, 450 мг/л;
- потребность в дополнительных мерах для возможности хранения, очистки ионов тяжелых металлов.

## **9.3 Озонирование воды**

Озон – наиболее действенное средство для уничтожения вредных бактерий, отличается хорошим быстрым действием. Его получают воздействием на воздух электрическим разрядом, также может использоваться ультрафиолетовое излучение.



Озон – сильный окислитель, используемый для очищения воды от органических и неорганических примесей, также он применяется с целью дезинфекции.

Преимущества озона:

-сильный дезинфектор, один из самых эффективных окислителей;

-обладает мощным антивирусным действием;

-особенно полезен в борьбе с *Giardia*, *Cryptosporidium* и прочими патогенными флорами;

-помогает быстро устранить мутность воды;

-нейтрализует неприятные запахи и привкусы воды;

-в нем отсутствуют тригалометаны, содержащие хлор;

-может эффективно применяться для обезжелезивания и окисления марганца.

Ограничения в применении озона:

1. Озонирование обладает кратковременным эффектом, длительность его действия составляет всего 30-40 минут, при нагревании воды до  $t > 10^{\circ}\text{C}$  озон полностью распадается за 6-10 минут.

2. Будучи мощным окислителем, озон превращает сложные органические элементы в более простые, при отсутствии комплекса мер по изыманию продуктов постдезинфекции и озонлиза образуются хорошие условия для развития болезнетворных бактерий.

3. В процессе окисления органических соединений озоном получают токсичные вещества: альдегиды, перекисные вещества, кетоны и другие, если озон используется как дезинфектор в крупных дозах, надо контролировать наличие в воде вышеупомянутых соединений.

Озонирование традиционно принято использовать для подземных вод, так как при этом они не только обеззараживаются, но и удаляются из воды лишние химические элементы: железо и марганец. Сразу по окончании озонирования в воду вводится антибактерицидный реагент пролонгированного действия, к примеру, гипохлорит натрия. Эффективно озонирование и при воздействии на сточные воды с целью понижения БПК и обеззараживания.

## 9.4 Бактерицидное излучение

Метод обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением получил широкое распространение за последние 20 лет во всем мире.

Ультрафиолетовое обеззараживание оказалось идеальным решением обеих этих проблем, что и стало причиной бурного развития УФ технологий во всем мире.

Достоинства:

-универсальность и эффективность поражения различных микроорганизмов – УФ лучи уничтожают не только вегетативные, но и спорообразующие бактерии, которые при хлорировании обычными нормативными дозами хлора сохраняют жизнеспособность;

-физико-химический состав обрабатываемой воды сохраняется;

-отсутствие ограничения по верхнему пределу дозы;

-сокращение времени технологических процессов – бактерицидное облучение действует почти мгновенно, и вода, прошедшая через установку, может сразу же поступать непосредственно в систему водоснабжения;

-компактность и универсальность применения – УФ оборудование легко вписывается в типовые технологические схемы;

-простота технологического оборудования;

-не требуется организовывать специальную систему безопасности, как при хлорировании и озонировании;

-не требуется проведения значительных строительных работ на существующих сооружениях;

-отсутствуют вторичные продукты;

-не нужно создавать реагентное хозяйство;

-оборудование работает без специального обслуживающего персонала;

-экономическая целесообразность.

Недостатки

-падение эффективности при обработке плохо очищенной воды (мутная, цветная вода плохо "просвечивается");

-периодическая отмывка ламп от налетов осадков, требующаяся при обработке мутной и жесткой воды;

-отсутствует "последствие", то есть возможно вторичное (после обработки излучением) заражение воды.

## 9.5 Расчет установки для обеззараживания воды бактерицидным излучением

Расчетный бактерицидный поток рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{б}} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot \alpha \cdot k \cdot \log\left(\frac{P_0}{P}\right)}{1563,4 \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_0} \quad (9.1)$$

Где,  $Q_{\text{час}}$  – расчетный расход обеззараживаемой воды, м<sup>3</sup>/ч

$\alpha$  – коэффициент поглощения облучаемой воды см<sup>-1</sup>, для инфильтрационной воды 0,15 см<sup>-1</sup>

$k$  – коэффициент сопротивляемости облучаемых бактерий, принимаемый равным 2500 мкВт·сек/см<sup>2</sup>;

$P_0$  – количество бактерий в 1 л воды, максимальное расчетное загрязнение исходной воды принимаемое равны коли-индексу,  $P_0 = 1000$ ;

$P$  – количество бактерий после облучения;

$\eta_{\text{п}}$  – коэффициент использования бактерицидного потока, для установок с погруженным источником погружения 0,9;

$\eta_0$  – коэффициент использования бактерицидного излучения, зависящий от толщины слоя воды, ее физико-химических свойств и конструктивного типа установки, равным 0,9.

$$F_6 = \frac{80,3 \cdot 0,15 \cdot 2500 \log(1000/3)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 59,9$$

Расход электроэнергии на обеззараживание воды вычисляется по формуле:

$$S = \frac{N_n}{Q_{\text{час}}} \text{Вт/М}^3 \quad (9.2)$$

$N_n$ -мощность, потребляемая одной лампой

$$S = \frac{60}{80,3} = 0,74 \text{ Вт/М}^3$$

Потребляемое количество ламп определяем по формуле:

$$n = \frac{F_6}{F_l} \quad (9.3)$$

$$n = \frac{60}{60} = 1$$

## 10 Эколого- экономическое обоснование работы

### 10.1 Размер вреда при частичном или полном истощении водных объектов в результате забора воды

Размер вреда, причиненного водным объектам при их частичном или полном истощении в результате забора воды с нарушением условий водопользования или без наличия документов на право пользования водными объектами, производится по формуле

$$U_{\text{и}} = K_{\text{в}} \cdot K_{\text{ин}} \cdot N_{\text{и}} \cdot O_{\text{в}}, \text{ тыс. руб.} \quad (10.1)$$

$$U_{\text{и}} = 1,36 \cdot 1 \cdot 9,3 \cdot 3856 = 48770,688 \text{ тыс. руб.}$$

Где,  $N_{\text{и}}$ —такса для исчисления размера вреда, причиненного водным объектам при их частичном или полном истощении в результате забора (изъятия) воды, принимается в соответствии с таблицей Б8 приложения Б, руб.;

$O_{\text{в}}$ —объем воды, необходимый для восстановления водного объекта от истощения, принимается равным двойному объему воды, забранной из водного объекта с нарушением условий водопользования, тыс. м<sup>3</sup>.

## 10.2 Зона санитарной охраны

Основной целью создания и обеспечения режима в ЗСО является санитарная охрана от загрязнения источников водоснабжения и водопроводных сооружений, а также территорий, на которых они расположены.

В каждом из трех поясов, а также в пределах санитарно-защитной полосы (СЗП), соответственно их назначению, устанавливается специальный режим и определяется комплекс мероприятий, направленных на предупреждение ухудшения качества воды.

Первый пояс (пояс строго режима), включающий территорию (акваторию) расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала, предназначен для защиты места водозабора и водопроводных сооружений от случайного или умышленного загрязнения и повреждения.

Второй и третий пояса (пояса ограничений) включают территорию (акваторию), предназначенную для предупреждения загрязнения воды источников водоснабжения. При определении размеров второго пояса необходимо учитывать время выживаемости микроорганизмов для предотвращения микробного загрязнения, для третьего пояса — дальность распространения химического загрязнения для его предупреждения.

Границы поясов ЗСО подземного водоисточника. Площадь первого пояса должна включать наиболее крутую часть депрессионной воронки, образующейся вокруг скважины, так как на этом протяжении наиболее активно может осуществляться фильтрация поверхностных и грунтовых вод в подземный поток. Именно в этом месте создаются реальные возможности для поступления загрязнений с поверхности земли через дефекты в горных породах, связанные с процессом бурения скважины. Поэтому при установлении радиуса первого пояса обязательно используются изыскательские материалы о гидрогеологической характеристике района и эксплуатируемого водоносного горизонта.

При использовании защищенных подземных вод граница первого пояса устанавливается на расстоянии не менее 30 м от водозабора, при использовании недостаточно защищенных подземных вод — на расстоянии 50 м, для группы подземных водозаборов граница должна находиться на расстоянии соответственно не менее 30 и 50 м от крайних скважин.

## 10.3 Расчет границ зон санитарной охраны

Поскольку скважины находятся в Бирилюсском районе и не имеют гидравлической связи с открытым водоёмом, то принимаем см 200 суток. Размер второго пояса определяется по формуле

$$R_2 = \sqrt{\frac{T_M \cdot Q}{\pi \cdot M \cdot n}} \quad (10.2)$$

Где,  $T_m$  – время продвижения микробного заражения, 200 суток;

$Q$  -расход воды, м /сут

$M$  - мощность водоносного пласта, м

$n$  - пористость породы, для средней крупности песков. Принимаем  $n = 0,35$

$$R_2 = \sqrt{\frac{200 \cdot 1928}{3,14 \cdot 25 \cdot 0,35}} = 118,46 \text{ м}$$

При принятом расчетном времени, принимаем  $R = 118,46$  м, т.е. граница второго пояса устанавливается на расстоянии 118,46 метров.

Границы третьего пояса зоны санитарной охраны определяются временем продвижения химического или радиохимического загрязнения воды до водозабора, которое должно быть по принятой продолжительности эксплуатации водозабора, но не менее 25 лет (25 – 50 лет  $\approx 104$  ), то принимаем  $T_x$  104 лет. Расстояние до границ третьего пояса определяем по формуле

$$R_3 = \sqrt{\frac{T_x \cdot Q}{\pi \cdot m_{cp} \cdot n}} \quad (10.3)$$

Где,  $Q$ - производительность водозабора, м<sup>3</sup>/сут.

$T_x$ -продолжительность эксплуатации водозабора, лет

$m_{cp}$ -средняя мощность водоносного горизонта, м

$n$  -пористость пород водоносного пласта, для средней крупности песка – 0,35

$$R_3 = \sqrt{\frac{10^4 \cdot 1928}{3,14 \cdot 25 \cdot 0,35}} = 837,69 \text{ м}$$

При принятом расчетном времени, принимаем  $R = 837,69$  м, т.е. граница третьего пояса устанавливается на расстоянии 837,69 м

Найдём средний пояс как среднее - арифметическое между 2 и 3 поясами ЗСО по формуле:

$$R_{cp} = \frac{R_2 + R_3}{2} \quad (10.4)$$

$$R_{cp} = \frac{118,46 + 837,69}{2} = 478,07 \text{ м}$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе произведен расчет системы водоснабжения с применением инфильтрационного водозабора с производительностью 1928 м<sup>3</sup>/сут, для обеспечения населённого пункта село Новобирилюссы расчётной численностью 4300 человек водой хозяйственно-питьевого качества. Определены расчетные расходы воды и проведен гидравлический расчет сети в двух случаях: на случай максимального водоразбора и на случай пожара.

Запроектировано две инфильтрационные скважины ( 2 рабочих, 1 резервная). Скважина оборудована погружным насосом Grundfos марки SP 30-3. Для предупреждения негативного воздействия твердых частиц скважина оборудована трубчатым с круглой и щелевой перфорацией фильтром. Над скважиной устанавливаем надземный павильон, в котором расположена запорная и регулирующая арматура.

Качество хозяйственно-питьевой воды должно регламентируется нормативными требованиями ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества» и СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Так как вода инфильтрационного водоисточника не соответствует требованиям, то ставим напорные фильтры в количестве 2 шт. с загрузкой материал марки Manganese Green Sand (MGS, марганцевый зеленый песок) и 1 Амберджет 4200 Cl – 2

Чтобы обеспечить высокую эффективность обеззараживания применяем бактерицидную установку, применяем лампы в количестве 1 шт. Применение УФ облучения позволяет исключить образование в воде побочных токсичных продуктов, Бактерицидная установка проста в обслуживании, удобна в эксплуатации, компактна и легко монтируется. Имеет более низкую стоимость по сравнению хлорированием и озонированием.

Обеззараженная вода НС2 подается потребителю.

Приняты насосы марки Grundfos CR 20-3 (3 рабочих, 1 резервный). Энергоэффективность НС2 достигается применением системой частотного регулирования применяем насос марки 3E.SYBOX + E.SYTWIN+E.SYDOCK . Преобразователь частоты поддерживает постоянный напор при переменном расходе, что обеспечивает надежную работу сети..

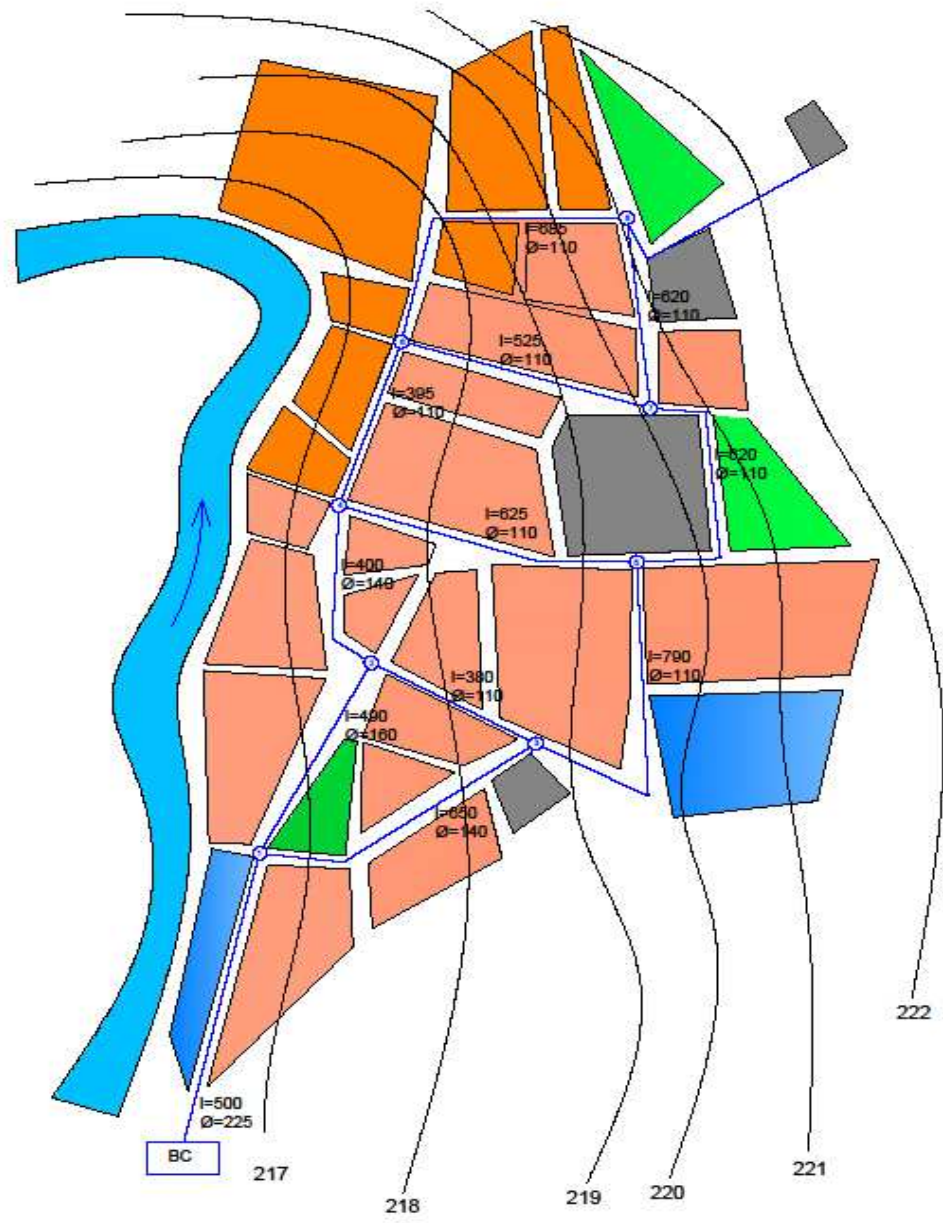
Определены 1,2 и 3 границы зоны санитарной охраны источника водоснабжения, граница первого пояса устанавливается на расстоянии 50 м, граница второго пояса устанавливается на расстоянии 118,46 метров, граница третьего пояса устанавливается на расстоянии 837,69м

Также посчитан размер вреда при частичном или полном истощении водных объектов в результате забора воды, размер вреда составляет 48770,688тыс. руб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Курганов А. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения. Учебное пособие. М - СПб Издательство АСВ 1998г. 246 с.
2. Водозаборы подземных вод: Монография / А.И. Матюшенко, Б.Ф. Турутин; Под ред. В. А. Кулагина. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. 248с
3. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник/Б.Н. Репин. – М.: Высш. шк., 1995. – 431 с.
4. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб/Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.
5. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников/Под ред. К.А. Михайлова, А.С. Образовского. – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.
6. Водоснабжение/Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
7. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. М., Стройиздат, 1971. 304 с.
8. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 2. Очистка и кондиционирование природных вод / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 324 с.
9. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 1. Системы распределения и подачи воды / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. Журбы М.Г. Вологда– Москва: ВоГТУ, 2001. – 188 с.
10. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», Минздрав России 2000
11. ГОСТ 2761-84\* Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения
12. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. контроль качества

# Генплан М 1:5000



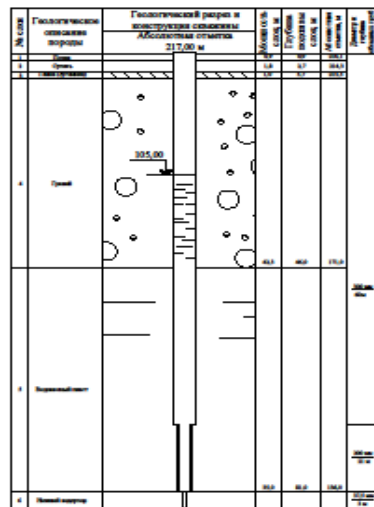
**Условные обозначения**

- Жилая усадебная застройка
- Малоэтажная застройка
- Производственная и промышленная застройка
- Инженерно-технические сооружения
- Озелененные территории общего пользования
- ВС Водозаборное сооружение
- Сеть водоснабжения

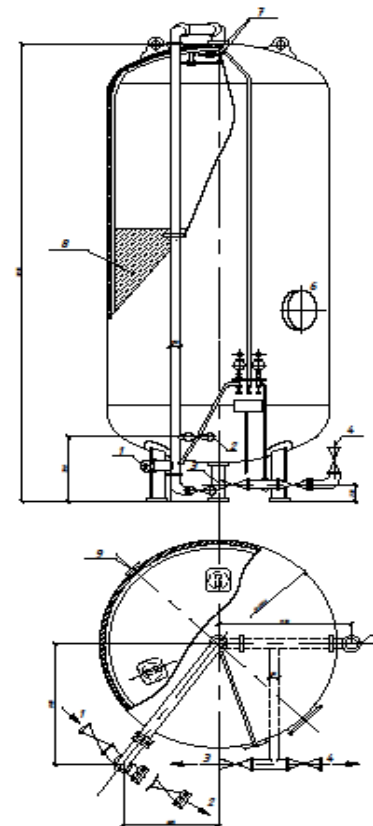
					БР 20.03.02.06 - 2019		
					Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Ип	Ип.к	Ип.к.п	Ип.к.п.п	Ип.к.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п.п
Ип.к.п.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п	Ип.к.п.п.п.п.п
					Исполнитель: <i>Иванов И.И.</i>		
					Листов: 1 из 5		
					Город: Кемерово		
					Институт: ИСЭС		



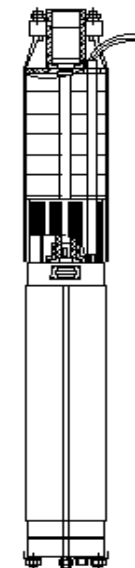
## Геолого-технический разрез скважин М1:400



## Вертикальный напорный фильтр М 1:15



## Насос Grundfos SP 30-7



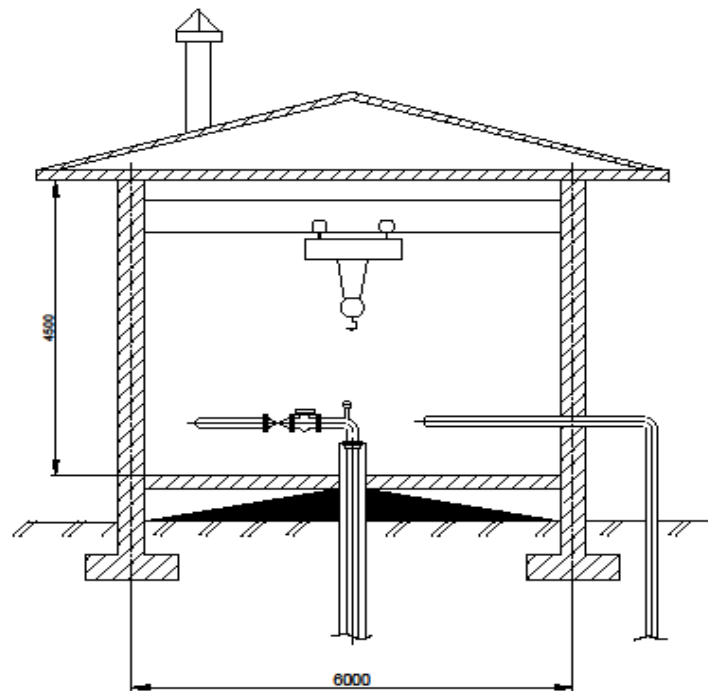
### Экспликация напорного фильтра

№	Наименование
1	Подача исходной воды
2	Спуск промывной воды
3	Выход обработанной воды
4	Спуск первого фильтра
5	Подача промывной воды
6	Лаз круглый
7	Верхнее распределительное устройство
8	Фильтрационный слой (загрузка Вит)®
9	Подающие промывные стержни
10	Щупер для гидравлической выгрузки и загрузки фильтра

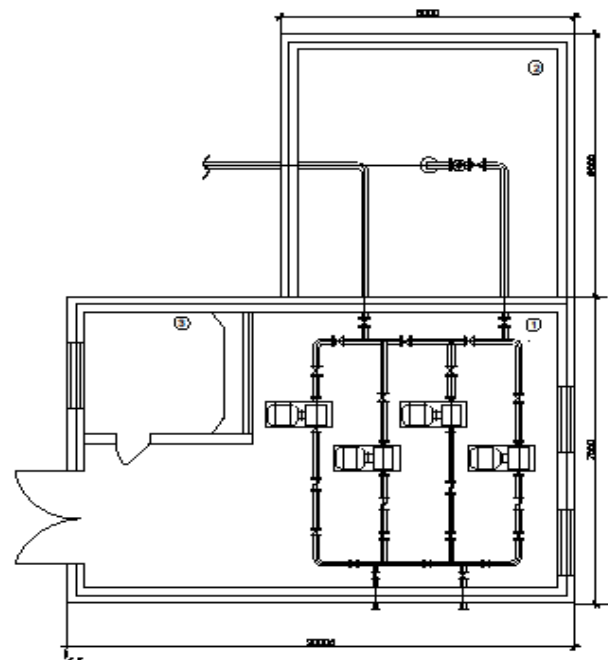
БР 20.03.02.06 - 2019									
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт									
№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество	Пол	Дата	Подпись	Листы	Всего	Лист
1	Иванов	Иван	Иванович	М	10.10.2019		2	2	1
2	Петров	Петр	Петрович	М	10.10.2019		2	2	2

Геолого-технический разрез скважины, инженерно-строительный институт  
**Grundfos ИСЭС**

Конструкция павильона М 1:50



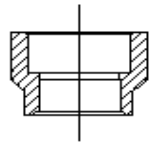
План насосной станции II подъёма



Экспликация помещений

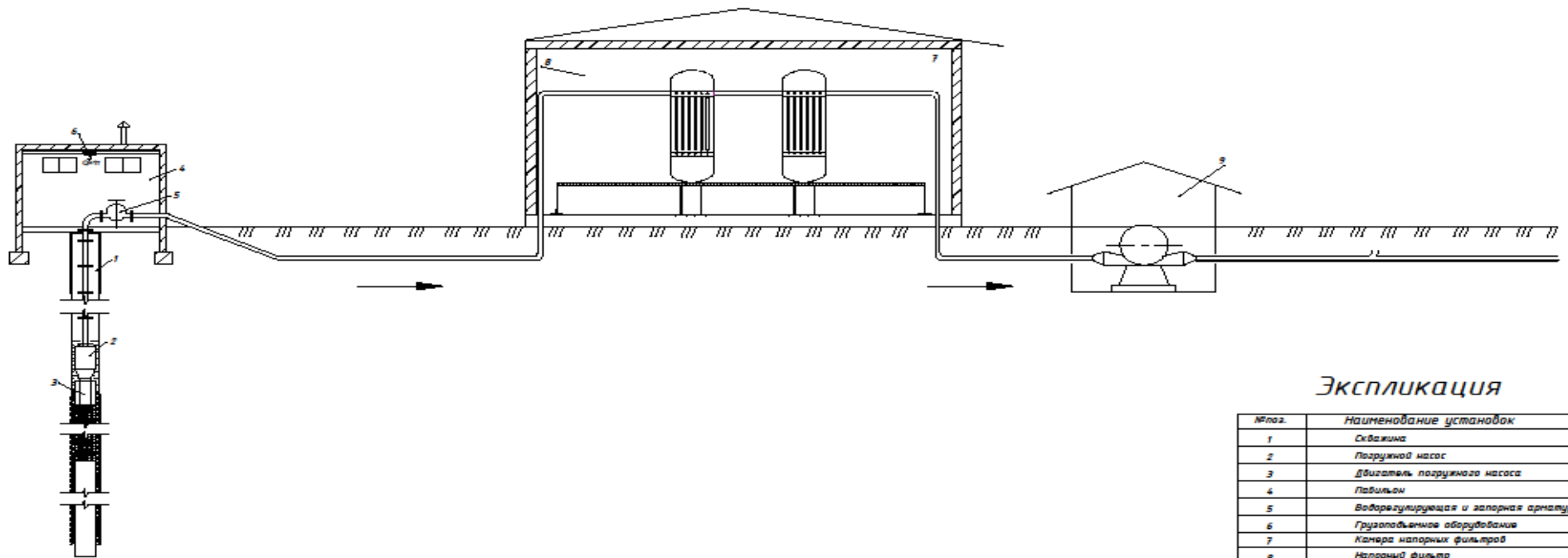
№	Наименование	Количество
1	Машинный зал	1
2	Павильон с НС-I	1
3	Диспетчерская	1

Переходная муфта



БР 20.03.02.06 - 2019					
Сибирский федеральный университет					
Инженерно-строительный институт					
№	Имя	Адрес	Подпись	Дата	
Курсовый	№	№			
Курсовый	№	№			
Инженерная система водоснабжения				Листы	Араб
Переходная муфта				3	3
Инженерная система, объект строительства				Курсовый ИСЭС	
Стр. №	Имя		Д.И.		

### Технологическая схема очистки воды

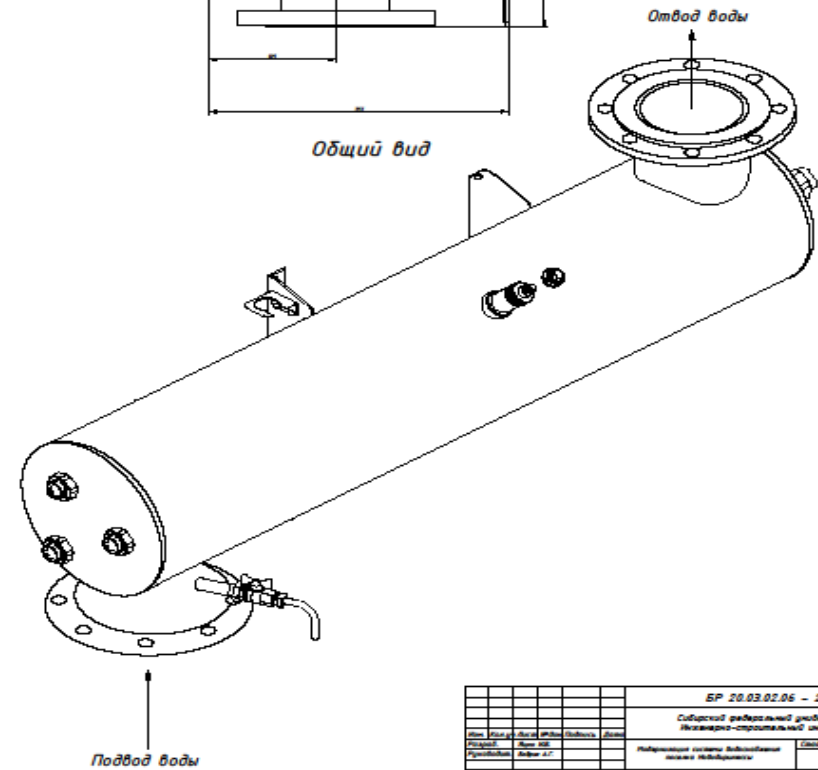
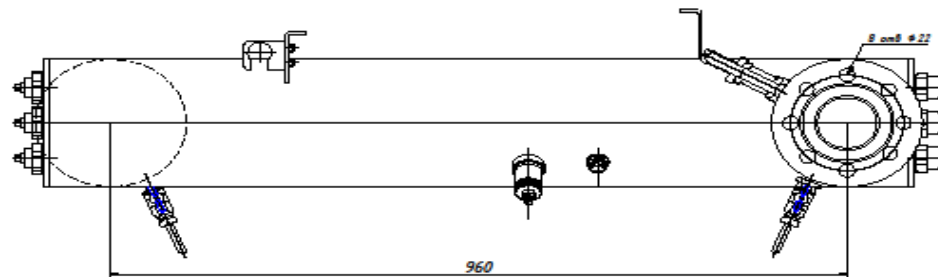
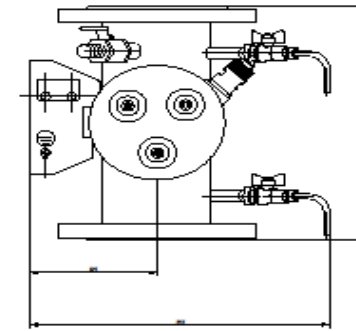
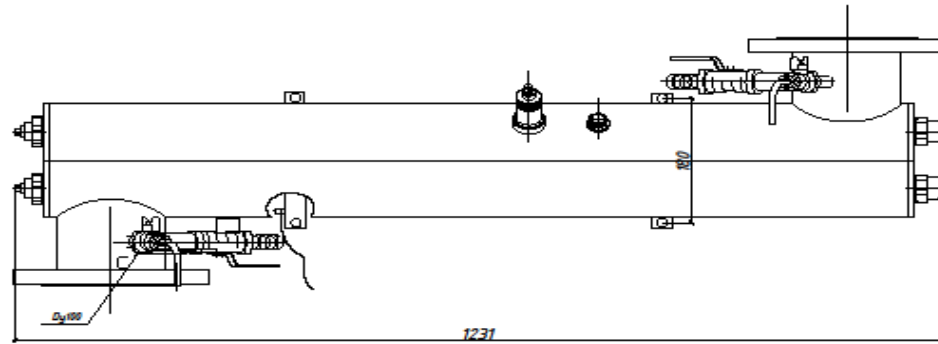


### Экспликация

№поз.	Наименование установок
1	Скважина
2	Погружной насос
3	Двигатель погружного насоса
4	Помпостанция
5	Водорегулирующая и запорная арматура
6	Грузоподъемное оборудование
7	Камера напорных фильтров
8	Напорный фильтр
9	НС-2

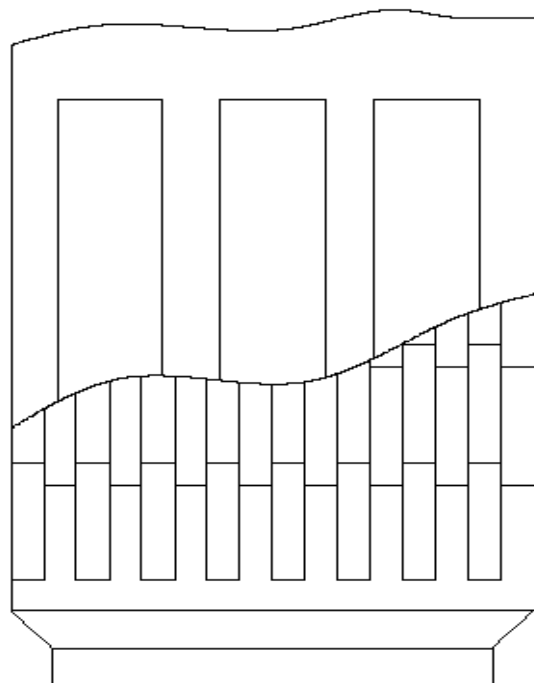
		ЕР 20.03.02.06 - 2019		
		Реферативная система водоснабжения поселка Левоборинский		
Изм.	Дата	Исполн.	Провер.	Долж.
01	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
02	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
03	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
04	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
05	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
06	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
07	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
08	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
09	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
10	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
11	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
12	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
13	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
14	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
15	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
16	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
17	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
18	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
19	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
20	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
21	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
22	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
23	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
24	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
25	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
26	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
27	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
28	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
29	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
30	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
31	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
32	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
33	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
34	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
35	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
36	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
37	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
38	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
39	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
40	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
41	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
42	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
43	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
44	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
45	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
46	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
47	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
48	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
49	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.
50	01.01.19	И.И.И.	И.И.И.	Инж.

Установка для обеззараживания воды бактерицидными лучами "УДВ-ЗА300Н-10-100"  
М 1:4

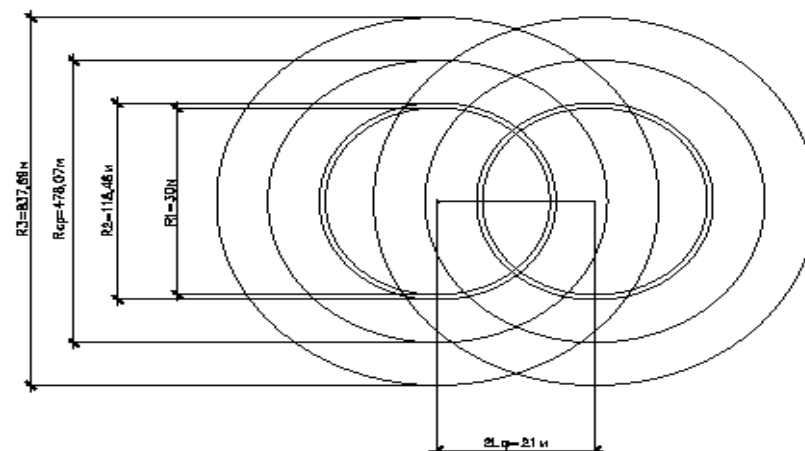


БР 20.03.02.06 - 2019									
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт									
Исполн.	Вед. ИС	Проверен.	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата
Исполн.	Вед. ИС	Проверен.	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата
Информация о документе							Листы	Дата	Исполн.
Исполнитель: Инженерно-строительный институт							5	5	5
Назначение: Для обеззараживания воды бактерицидными лучами							Код документа		
"УДВ-ЗА300Н-10-100"							Код документа		

## Трубчатый фильтр с щелевой перфорацией М 1:1



## Зоны санитарной охраны М 1:100



БП 20.03.02.06 - 2019					
Сибирский федеральный университет					
Инженерно-строительный институт					
Имя	Фамилия	Дата рождения	Подпись	Дата	
Исполнитель	Иванов И.И.				
Проверенный	Петров П.П.				
Информация о системе автоматизации				Создан	Лист
технического задания				5	6
Трубопроводный фильтр с щелевой перфорацией/Зоны санитарной охраны				Горький ИСЭС	
Подпись	Исполнитель	Дата			

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
институт  
Инженерных систем зданий и сооружений  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.И. Матюшенко

подпись      инициалы, фамилия

« 12 » июля 2019 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

20.03.02 «Природообустройство и водопользование»

«Модернизация системы водоснабжения поселка Новобирилюссы»

тема

Руководитель



11.07.19

подпись, дата

старший препд.

должность, ученая степень

А.Г. Бобрик

инициалы, фамилия

Консультант



11.07.19

подпись, дата

к.т.н., доцент

должность, ученая степень

О.Г. Дубровская

инициалы, фамилия

Выпускник



11.07.19

подпись, дата

И.В. Яцко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер



11.07.19

подпись, дата

старший препд.

должность, ученая степень

А.Г. Бобрик

инициалы, фамилия

Красноярск 2019