

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

Инженерно-строительный институт  
институт  
Инженерных систем зданий и сооружений  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г.В. Сакаш  
подпись инициалы, фамилия

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01. Строительство  
по направлению

08.03.01.06 Водоснабжение и водоотведение  
по профилю

«Разработка схемы водоснабжения поселка «Светлый» Бирюлюсского района»  
тема

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись, дата

к.т.н., доцент  
должность, ученая степень

О.Г.Дубровская  
инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись, дата

М.Ю.Шилов

Красноярск 2017

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка схемы водоснабжения птицефабрики Емельяновского района Красноярского края» содержит 59 страниц текстового документа, 31 использованных источников.

ВОДОЗАБОР ПОДЗЕМНОГО ИСТОЧНИКА (СКВАЖИНА),  
ОБОРУДОВАНИЕ СКВАЖИНЫ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА  
ВОДОПОДГОТОВКИ, НАПОРНЫЙ ФИЛЬТР, РЕФАЙНЕР, УФ-  
УСТАНОВКА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ, КАЛЬЦИНАТОР, ЗОНЫ  
САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ, УЩЕРБ.

Объект ВКР – поселок Светлый Бирюлюсского района Красноярского края. Поселок находится в 239 километрах к западу от города Красноярска, на трассе М-53. Построен в 1960 году, основными предприятиями являются лесозаготовительный комплекс, имеется птицеферма и совхоз, имеются объекты культурного и социального значения.

Основу экономики поселка составляют предприятия лесной и деревообрабатывающей промышленности. Промышленность специализируется на производстве лесопильных материалов, занимается растениеводством. На собственных посевных площадях в 5 тысяч гектаров выращиваются злаковые культуры для производства комбикормов.

На 2015 год численность населения составила 2744 человека. в том числе прирост населения по сравнению с 2010 годом составил 617 человек.

Имеется вблизи поселка река но предпочтение отдано в системе водоснабжения подземным водам.

Цель БР: разработка водозабора подземного источника с усовершенствованной системой водоподготовки.

Задачами проекта являются оценка состояния существующей системы водоснабжения поселка, анализ подземного источника и необходимой схемы водоподготовки для водопотребления.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	
1 Общие сведения.....	
1.1 Современное водоснабжение поселка.....	
1.1.1 Окислительное обезжелезивание.....	
1.1.2 Аэрация.....	
1.1.3 Окисление двухвалентного железа с добавлением сильных окислителей.....	
1.1.4 Осаждение коллоидного железа традиционным промышленным способом.....	
1.1.5 Каталитическое окисление с фильтрацией.....	
1.1.6 Ионообменный метод удаления железа.....	
1.1.7 Обезжелезивание мембранными методами.....	
1.1.8 Биологическое обезжелезивание.....	
1.1.9 Обратный осмос.....	
1.1.10 Ультрафильтрация.....	
1.1.10 Нанофильтрация.....	
1.2 Проектирование водопроводной сети.....	
1.3 Определение расчётных расходов воды.....	
1.4 Подбор работы насосов.....	
1.5 Гидравлический расчёт трубопроводов.....	
1.6 Расчет сети во время максимального водоразбора.....	
1.7 Расчет сети в момент пожара.....	
1.8 Гидравлическая увязка водопроводных сетей.....	
1.9 Гидравлический расчёт водоводов.....	
2 Расчет скважин.....	
2.1 Тип водозаборного сооружения подземных вод.....	
2.2 Гидрогеологический расчет скважин.....	
2.3 Групповые водозаборы.....	
3. Подбор насосов.....	
4 Современные локальные установки водоподготовки для индивидуальных жилых строений и малоэтажных поселков.....	
4.1 Расчет напорного фильтра.....	
4.2 Расчет и внедрение УФ-установки для обеззараживания воды.....	
4.3 Установки с источниками бактерицидного излучения.....	
4.4 Расчет установки для обеззараживания воды бактерицидным излучением.....	

5	Технологическая схема водоподготовки.....
5.1	Технология водоподготовки с точки зрения возможного антропогенного воздействия на природную среду.....
5.2	Расчет выбросов пыли при сооружении скважин.....
5.3	Оценка воздействия на атмосферный воздух.....
5.4	Расчет зон санитарной охраны.....
5.5	Расчет границ поясов ЗСО.....
6	Бестраншейная прокладка трубопровода.....
6.1	Технология прокладки.....
6.2	Расширение скважины.....
6.3	Протягивание трубопровода.....
6.4	Методы монтажа ГНБ.....
6.5	Производство работ по бестраншейной прокладке с применением технологии ГНБ.....
6.6	Технология бестраншейной прокладки коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения. Проектирование бестраншейной прокладки коммуникаций с применением ГНБ.....
6.7	Расчет бестраншейной прокладки методом ГНБ.....
	Заключение.....
	Список используемых источников.....

## **ВВЕДЕНИЕ**

Административно-хозяйственный и культурный центром муниципального образования Рассветовского сельсовета является п. Светлый. В состав муниципального образования входят 4 населенных пункта: п. Рассвет, д. Ганина-Гарь, п. Мендельский, п. Кемчуг.

Общая площадь муниципального образования составляет 8153,0 га, что составляет четвертую часть от всей территории Бирилюсского района, в том числе земли в черте поселений, входящих в состав муниципального образования – 396,0 га (4,9%).

Численность жителей муниципального образования Рассветовский сельсовет – 3 315 тыс. человек, в том числе п. Кемчуг-1460 чел.; п. Мендельский- 63чел.; д. Ганина-Гарь- 14 чел.; п.Светлый 2744 чел.

С районным центром с. Новобирилюссы МО Рассветовский сельсовет связывает автомобильная дорога протяженностью 76 километров, из них гравийного покрытия -40 км, бетонного -36 км. От железной дороги «Ачинск – Лесосибирск», ст. Суриково, п. Рассвет расположен в 6 км. От ст.Суриково до п.Рассвет есть железнодорожная ветка, предназначенная для производственных нужд.

Расстояние до краевого центра – 370 километров. Транспортное сообщение осуществляется автомобильной дорогой и железнодорожным сообщением. Основными автодорогами являются дорога Рассвет - Бирилюссы – Ачинск (в гравийно-асфальтном исполнении) и дороги местного значения.

Гидрографическая сеть представлена рекой Кемчуг, рекой Никишанка, ручьями и озерами.

Территория МО Рассветовский сельсовет граничит с сельсоветами: Маталасским, Суриковским и Малокетским.

Основу экономики поселка составляют предприятия лесной и деревообрабатывающей промышленности.

### **1 Общие сведения**

#### **1.1 Современное водоснабжение поселка**

Современные системы водоснабжения городов и населенных мест представляют собой сложные технические системы, обеспечивающие прием природной воды, ее очистку с последующей подачей и распределением воды потребителям. Наиболее распространены многофункциональные системы

водоснабжения, предназначенные для питьевого, бытового, хозяйственного, производственного и противопожарного водоснабжения.

Целью данного дипломного проекта является усовершенствование системы водоподготовки при использовании водозабора подземного источника обладающего повышенным содержанием железа, а также расширение сетей водоснабжения пгт Светлый, расположенного в 240 километрах к западу от города Красноярска.

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 определяется конечными целями, для которых эта вода будет использоваться и нормируется ГОСТ 32468-2013 СанПин 1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения \*. 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.

### **1.1.9 Окислительное обезжелезивание**

Традиционные методы обезжелезивания воды основываются на окислении двухвалентного железа кислородом воздуха (аэрация) и сильными окислителями (хлор, перманганат калия, перекись водорода, озон) до трехвалентного состояния, с образованием нерастворимого гидроксида железа (III), который впоследствии удаляется отстаиванием, отстаиванием с добавлением коагулянтов и флокулянтов (А-Т 9.303) и (или) фильтрацией.

#### **1.1.10 Аэрация**

Окисление железа аэрацией может проводиться: фонтанированием (так называемые брызгальные установки), душированием, с помощью инжектора, эжектора или компрессора, введением воздуха в трубу под напором, барботацией.

Во многих случаях вода, прошедшая обезжелезивание аэрацией с последующим отстаиванием и фильтрацией, уже оказывается пригодной к употреблению в качестве питьевой. По такой упрощенной схеме обезжелезивание эффективно, когда исходная концентрация железа не превышает 10 мг/мл (при содержании двухвалентного железа не менее 70% от общего), концентрация H<sub>2</sub>S не более 2,5 мг/л. Окислительно-

восстановительный потенциал (редокс-потенциал) воды после аэрации не должен быть ниже 100 мВ, а индекс стабильности (индекс Ланжелье) не менее 0,05.

Выбор способа упрощенной аэрации зависит от параметров исходной воды. Так, если концентрация сероводорода выше 0,5 мг/л, а свободной углекислоты – более 40 мг/л, введения воздуха в трубопровод под напором не требуется – достаточно предусмотреть открытую емкость со свободным изливом в нее воды. Аналогичного эффекта можно достичь с помощью фонтанирования или душирования.

### **1.1.11 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.

### **1.1.12 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.

### 1.1.13 Каталитическое окисление с фильтрацией

Это часто применяемый сегодня метод для водоснабжения коттеджей, отдельных не самых крупных предприятий. Установки для каталитического окисления и фильтрации компактны и отличаются достаточно высокой производительностью (0,5–20,0 м<sup>3</sup>/ч и более в зависимости от сорбента, исходных качеств воды, геометрических характеристик резервуара – баллона из стекловолокна или нержавеющей стали). Реакция окисления железа происходит внутри резервуара установки на гранулах засыпки – специальной фильтрующей среды с каталитическими свойствами. В первую очередь каталитические и фильтрующие свойства этих материалов определяются их высокой пористостью, обеспечивающей среду для протекания реакции окисления и обуславливающей способность к абсорбции.

Широко применяется в качестве каталитической засыпки синтетический материал *Вігм*, позволяющий эффективно и экономично удалять из воды соединения железа и марганца низких и средних концентраций. В установки с засыпкой из *Вігм* подается предварительно аэрированная вода. Доля растворенного в ней кислорода должна быть не менее 15% доли железа (или железа и марганца). Высокая пористость материала и малая насыпная масса (0,7–0,8 г/см<sup>3</sup>) позволяют легко удалять осадки при обратной промывке. Щелочность в исходной воде должна быть в два раза больше, чем концентрация хлоридов и сульфатов. Недостатками материала *Вігм* являются его высокая склонность к истиранию, из-за чего за год теряется до 10–15 % засыпки, и не самый широкий диапазон рабочих значений pH – 8,0–9,0. Его преимущество – невысокая стоимость.

Также довольно широко применяются каталитические засыпки на основе природных минералов, таких как доломит, цеолит, глауконит. Используется и синтетический цеолит.

Из глауконитового зеленого песка получают еще один широко распространенный материал для каталитической окислительной фильтрации – *GlauconiteManganeseGreensand*. В процессе обработки глауконитового песка в состав *Greensand* вводятся высшие оксиды марганца, обеспечивающие дополнительную окислительную способность этого материала. К тому же кроме собственных каталитических и окислительных свойств *Greensand* связывает такие окисляющие агенты, как перманганат калия, хлор, растворенный кислород. Все это обеспечивает высокую скорость и полноту окислительных реакций. *Greensand* обладает высочайшей поглощающей способностью, эффективен при очистке воды с высокими концентрациями железа и марганца (суммарно до 10 мг/л) в широком диапазоне pH – 6,2–8,8. Системы с засыпкой из этого материала применяются для очистки воды из скважин любой глубины. Сероводород окисляется до нерастворимых сульфатов. Осадки фильтруются слоем *Greensand* и сопутствующими фильтрующими слоями. Сорбент не подвержен



воздействию микроорганизмов, органических примесей, не требует дезинфекции. Регенерация среды проводится раствором перманганата калия с последующей промывкой исходной водой.

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.

#### **1.1.14 Ионообменный метод удаления железа**

Для удаления железа этим методом применяются катиониты. Причем все шире на смену цеолиту и другим природным ионитам приходят синтетические ионообменные смолы; эффективность использования ионного обмена при этом значительно возрастает.

Любые катиониты способны удалять из воды не только растворенное двухвалентное железо, но также и другие двухвалентные металлы, в частности кальций и магний, для чего они в первую очередь и применяются. Теоретически методом ионного обмена можно удалять из воды очень высокие концентрации железа, при этом не потребуются стадии окисления растворенного двухвалентного железа с целью получения нерастворимого гидроксида. Однако на практике возможности применения данного метода значительно ограничены.

В первую очередь применение ионного обмена для обезжелезивания ограничивает присутствие трехвалентного железа, которое быстро «забивает» смолу и плохо оттуда вымывается. Поэтому любое присутствие в воде, проходящей через ионообменник, кислорода или других окислителей крайне нежелательно. Это же накладывает ограничение и на диапазон значений pH, в которых смола эффективна.

Во многих случаях использование ионообменных смол для обезжелезивания нецелесообразно, т. К., обладая более высоким сродством к катионитам, железо значительно снижает эффективность удаления на них ионов кальция и марганца, проведения общей деминерализации. Наличие в воде органических веществ, в том числе органического железа, приводит к быстрому зарастанию ионообменной смолы органической пленкой, служащей питательной средой для бактерий. Поэтому ионообменные катиониты применяются для обезжелезивания обычно лишь в тех случаях, когда требуется доочистка воды по этому параметру до самых низких концентраций и когда возможно одновременное удаление ионов жесткости.

#### **1.1.15 Обезжелезивание мембранными методами**

Микрофильтрационные мембраны пригодны для удаления коллоидных частиц гидроксида железа (III); ультрафильтрационные и нанофильтрационные мембраны способны удалять кроме этого коллоидное

и бактериальное органическое железо, а метод обратного осмоса позволяет удалять до 98% растворенного в воде двухвалентного железа. Однако мембранные методы достаточно дорогостоящи и не предназначены конкретно для обезжелезивания. 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  $O_2$ /л и коллоидном индексе не более 2–4 единиц (параметры, учитывающие содержание органического железа). Поэтому перед мембранной очисткой необходима предварительная фильтрация.

Однако применение мембранных методов оправдано там, где просто необходима высокая степень очистки воды, в том числе и от железа, например, в медицинской или пищевой промышленности. Этот метод является самым эффективным для подготовки питьевой воды из магистральных и частных водопроводов.

### **1.1.16 Биологическое обезжелезивание**

Этот метод подразумевает использование железобактерий, окисляющих двухвалентное растворенное железо до трехвалентного, в целях очистки воды, с последующим удалением коллоидов и бактериальных пленок в отстойниках и на фильтрах. В некоторых случаях это оказывается единственным приемлемым способом снизить содержание железа в воде. Прежде всего когда концентрации железа в воде особенно велики, свыше 40 мг/л. Также применяют биологическое обезжелезивание, если в воде высоко содержание сероводорода и углекислоты. Такая вода с очень низким показателем pH не может быть очищена от избыточного железа методом упрощенной аэрации. Ее подвергают фильтрации через колонии бактерий на медленных фильтрах с песчано-гравийной загрузкой. Затем подвергают сорбционной очистке для задержания продуктов жизнедеятельности бактерий и ультрафиолетовому обеззараживанию.

Данные методы не могут быть использованы в связи с необходимостью построения станций водоподготовки, сооружения для приготовления реагентного хозяйства, фильтрации, что не применимо в Поселках городского типа.

Также существуют нетрадиционные методы, такие как обратный осмос, ультрафильтрация, нанофильтрация, кавитация.

### **1.1.9 Обратный осмос**

Явление самопроизвольного проникновения молекул воды в более насыщенный раствор через тонкую пористую пленку органического происхождения (мембрану), названное осмосом, было открыто еще в 1748 г. Принцип действия обратного осмоса основан на фильтровании воды при высоком давлении через мембрану с очень узкими пораами. Характерный размер пор мембраны – 1 Ангстрем (1 Ангстрем =  $10^{-10}$  в минус 10 степени). Практически он выглядит как продавливание молекул воды через полупроницаемую мембрану. В итоге исходная вода разделяется на два потока: фильтрат (очищенная вода), который поступает к потребителю, и концентрат (концентрированный раствор примесей) — его сливают в дренаж. Через полупроницаемую мембрану пропускаются только молекулы воды, а все частицы, микроорганизмы и органические молекулы с большим молекулярным весом — задерживаются. Из-за очень малого размера пор процесс очистки воды на обратноосмотической мембране является достаточно медленным, что требует использования мембран с большой площадью поверхности и достаточно высокого давления. На практике эти мембраны представляют собой картридж, содержащий свернутую в рулон мембрану. Для предотвращения засора, вдоль мембраны создается принудительный поток воды, который и смывает отфильтрованный «остаток» в дренаж. Эффективность процесса обратного осмоса в отношении различных примесей и растворенных веществ зависит от нескольких факторов. Давление, температура, уровень pH, материал, из которого изготовлена мембрана, и химический состав входной воды, влияют на эффективность работы систем обратного осмоса.

### **1.1.11 Ультрафильтрация**

В отличие от технологии обратного осмоса, осветляет и обеззараживает воду не меняя солевой состав без применения химреагентов. В промышленных условиях, УФ-система работает при «тупиковой фильтрации», т.е. в режиме не сбрасывая концентрат, что происходит за счет чередования фильтрации и обратной промывки мембраны. Часть очищенной воды подается в обратном направлении для удаления накопившихся загрязнений. Добавляя специальный раствор в промывную воду, который состоит из моющих реагентов, улучшается очистка воды. Такого рода вода для промывки, которая стала концентратом, в среднем составляет 10-20% из всего потока воды. По необходимости усиленная промывка мембран циркулирующим моющими растворами резко увеличивает их ресурс. Уникальность ультрафильтрации в том, что она может применяться для получения качественной питьевой воды прямо из источника с поверхностными водами, т.к. УФ-мембрана— идеальный барьер для большинства вирусов и бактерий. Эта особенность ультрафильтрации воды освобождает воду от необходимости в первичном хлорировании, т.к.

обеззараживание воды проходит непосредственно перед подачей ее потребителю.

### **1.1.12 Наночистка**

Как и при обратном осмосе, механизмом переноса при наночистке является диффузия. Наночисточные мембраны очень схожи по химии поверхностных свойств с обратноосмотическими, но допускают диффузию не только воды, но и некоторых ионов, в основном, одновалентных (например, натрия и хлора). Более крупные ионы, включая двух- и многовалентные, и более сложные молекулы задерживаются. Поскольку одновалентные ионы диффундируют через наночисточную мембрану вместе с водой, перепад осмотического давления на мембране меньше, чем при обратном осмосе, поэтому наночистка обычно проводится под меньшим давлением.

Данные методы обеспечивают гораздо более высокую степень очистки, не требуют построения дополнительных сооружений, в отличие от традиционных методов фильтрации. Но данные виды фильтрации очень дорогостоящие.

## **1.2 Проектирование 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. Насосной 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. Полного соответствия водопотребления и подачи воды насосной станцией добиться невозможно. Для регулирования подачи воды и потребления служат водонапорные башни. Регулирующий объем бака водонапорной башни сложно определить по совмещенным ступенчатым или интегральным графикам подачи и потребления воды.

Водонапорная башня состоит из напорного бака, поддерживающей конструкции (ствола), утепляющего шатра вокруг бака. При проектировании водопроводной сети водонапорную башню устанавливают в самой высокой точке города, а НС-II устанавливают выше города по течению реки.

### 1.3 Определение расчётных расходов воды

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 его определения необходимо просуммировать часовые расходы воды каждым потребителем и составить 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

$$Q_{сут}^{ср} = \frac{\sum (q_{ж} \cdot N_{ж})}{1000}, \quad (1.1)$$

где  $q_{ж}$  – норма водопотребления, л/сут на 1 чел. [1];

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

$$Q_{сут(к)}^{ср} = \frac{250 \cdot 2744}{1000} = 686 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (1.2)$$

Расчетные расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды в сутки максимального и минимального водопотребления определяем по формулам

$$Q_{сут\ макс} = k_{сут\ макс} \cdot Q_{сут}^{ср} \quad (1.3)$$

$$Q_{сут\ мин} = k_{сут\ мин} \cdot Q_{сут}^{ср} \quad (1.4)$$

где  $K_{сут.мин}$  и  $K_{сут.макс}$  –соответственно максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и изменение водопотребления по сезонам года и дням (принимаются  $K_{сут.макс}=1,1-1,3$ ;  $K_{сут.мин}=0,7-0,9$ ).

Если в населенном пункте имеются зоны с различным санитарно-техническим оборудованием зданий, то среднесуточный расход воды на

хозяйственно-питьевые нужды населения определяем по суточному расходу воды для каждой зоны, а затем находим их сумму.

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

$$k_{ч.макс} = \alpha_{макс} \cdot \beta_{макс} = 1,2 \cdot 1,2 = 1,44 \quad (1.5)$$

$$k_{ч.мин} = \alpha_{мин} \cdot \beta_{мин} = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25 \quad (1.6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия ( $\alpha_{макс} = 1,2 - 1,4$ ;  $\alpha_{мин} = 0,4 - 0,6$ );

$\beta$  – коэффициент, принимаемый по таблице [1], учитывающий количество жителей в населенном пункте.

$$\beta_{макс} = 1,3; \beta_{мин} = 0,7$$

$$Q_{сут.макс} = 1,44 \cdot 686 = 987,84 \text{ м}^3 / \text{сут};$$

$$Q_{сут.мин} = 0,25 \cdot 686 = 171,5 \text{ м}^3 / \text{сут};$$

Максимальные и минимальные часовые расходы воды населением из водопроводной сети,  $\text{м}^3 / \text{ч}$ , определяем по формулам

$$q_{ч.макс} = \frac{k_{ч.макс} \cdot Q_{сут.макс}}{24} = \frac{1,44 \cdot 987,84}{24} = 59,27 \text{ м}^3 / \text{ч}; \quad (1.7)$$

$$q_{ч.мин} = \frac{k_{ч.мин} \cdot Q_{сут.мин}}{24} = \frac{0,25 \cdot 171,5}{24} = 1,78 \text{ м}^3 / \text{ч}; \quad (1.8)$$

Для поливочных расходов по СП 13330-31-12 принимаем 50 л/сут на одного человека (квартиры) и 90 л/сут на одного человека (усадыбы)

$$Q_{полив(к)} = \frac{50 \cdot 2744}{1000} = 137,2 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

$$Q_{полив} = 64,4 + 322,56 = 386,96 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (1.9)$$

Расходы воды на нужды местной промышленности принимаем как 10% от максимального суточного расхода на хозяйственно-питьевые нужды:

$$Q_{м.п.} = (10\% \cdot Q_{сут.макс} / 100) / 24 = 987,84 \cdot 0,1 = 98,78 (\text{м}^3 / \text{сут}) \quad (1.10)$$

На собственные нужды

$$Q_{с.н.} = (10\% \cdot Q_{сут. макс} / 100) / 24 = 987,84 \cdot 0,1 = 98,78 \text{ (м}^3\text{/сут)} \quad (1.11)$$

Расход воды на пожаротушение

$$Q_{пож} = 3600 \cdot 0,015 \cdot 3 \cdot 1 = 162 \text{ м}^3\text{/за 3 часа} \quad (1.12)$$

$$Q_{общ} = 987,84 + 162 + 386,96 + 98,78 = 1635,58 \text{ м}^3\text{/сут} \quad (1.13)$$

График водопотребления в населенном пункте по часам суток представлен в таблице 1.1

Таблица 1.1-Водопотребления по часам суток

Часы суток	Хозяйственно-питьевые нужды населения		Поливка улиц зеленых насаждений		$Q_{МП}$	$Q_{ПП}$	Всего	%
	$K = 1,8\%$	$Q_{пит}$ , м <sup>3</sup> /ч	Машины (60%)	Ручная (40%)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 – 1	0,9	9,75	38,7	51,59	4,51	4,51	109,06	6,47
1 – 2	0,9	9,75	38,7	51,59	4,51	4,51	109,06	6,47
2 – 3	0,9	9,75	38,7		4,51	4,51	57,47	3,41
3 – 4	1,0	10,83	38,7		4,51	4,51	58,55	3,47
4 – 5	2,35	25,45			4,51	4,51	34,47	2,04
5 – 6	3,85	41,7			4,51	4,51	50,72	3,01
6 – 7	5,2	56,32			4,51	4,51	65,34	3,87
7 – 8	6,2	67,15			4,51	4,51	76,17	4,52
8 – 9	5,5	59,57			4,51	4,51	68,59	4,07
9 – 10	4,85	52,53			4,51	4,51	61,55	3,65
10 – 11	5	54,15			4,51	4,51	63,17	3,75
11 – 12	6,5	70,4			4,51	4,51	79,42	4,71
12 – 13	7,5	81,23			4,51	4,51	90,25	5,35
13 – 14	6,7	72,56			4,51	4,51	81,58	4,84
14 – 15	5,35	57,94			4,51	4,51	66,96	3,97
15 – 16	4,65	50,36			4,51	4,51	59,38	3,52
16 – 17	4,5	48,74			4,51	4,51	57,76	3,42
17 – 18	5,5	59,57			4,51	4,51	68,59	4,07
18 – 19	6,3	68,23			4,51	4,51	77,25	4,58
19 – 20	5,35	57,94			4,51	4,51	66,96	3,97
20 – 21	5	54,15			4,51	4,51	63,17	3,75
21 – 22	3	32,49			4,51	4,51	41,51	2,46
22 – 23	2	21,66	38,7		4,51	4,51	69,38	4,11

23 – 24	1	10,83	38,7	51,59	4,51	4,51	110,14	6,53
Всего:	100	1083	232,2	154,18	108,3	108,3	1685,98	100,00

#### 1.4 Подбор работы насосов

Работа Насосной Станции II подъема задается ступенчато, при этом подача осуществляется разным числом насосов в отдельные часы суток.

Количество насосов и время их работы определяется согласно [1] в зависимости от  $Q_{\max}^{сум}$ . Так как  $Q_{\max}^{сум} = 1083 \text{ м}^3/\text{сут}$  до 20 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$ , то принимаем 1 насос, с временем работы каждого  $t_1 = 22 \text{ ч}$ ,  $t_2 = 0 \text{ ч}$ ,  $t_3 = 0 \text{ ч}$ .

Подача одним рабочим насосом в процентах от суточной подачи НС определяется по формуле

$$Q_l = 100 / (\alpha_1 \cdot t_1 + \alpha_2 \cdot t_2 + \alpha_3 \cdot t_3), \quad (1.14)$$

где  $t_1, t_2, t_3$  – время работы соответственно первого, второго и третьего насосов;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – коэффициент взаимовлияния параллельной работы насосов.

Точные значения коэффициентов взаимовлияния определяют из графиков характеристик параллельной работы насосов и водоводов, которые численно равны отношению приращению подачи при включении насоса соответствующей ступени к подаче одного насоса на водовод. С целью упрощения расчетов значение коэффициентов принимаются равными:  $\alpha_1 = 1$ ,  $\alpha_2 = 0,8$ ,  $\alpha_3 = 0,6$ .

$$Q_l = 100 / (\alpha_1 \cdot t_1 + \alpha_2 \cdot t_2 + \alpha_3 \cdot t_3) = 100 / (1 \cdot 22 + 0,8 \cdot 0 + 0,6 \cdot 0) = 4,54 \%,$$

На основании данных задания водопотребления и полученных значений подачи насосами составляем таблицу расчета режима подачи (таблица.1.2), и строим ступенчатый график потребления и подачи воды (рисунок.1.1).

Определяем регулируемую емкость бака РЧВ. Расчет емкости бака РЧВ приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Расчет регулирующей емкости резервуара чистой воды

Часы суток	Подача воды НС-I подъема, %	Подача воды НС-II подъема, %	Поступление воды в РЧВ, %	Расход воды из РЧВ, %	Остаток воды в РЧВ, %
1	2	3	4	5	6
0–1	4,16	6,47	2,31		1,22
1–2	4,16	6,47	2,31		3,53
2–3	4,16	3,41		-0,75	2,78
3–4	4,16	3,47		-0,69	2,09



4–5	4,16	2,04		-2,12	-0,03
5–6	4,17	3,01		-1,16	-1,19
6–7	4,17	3,87		-0,3	-1,49
7–8	4,17	4,52	0,35		-1,14
8–9	4,17	4,07		-0,1	-1,24
9–10	4,17	3,65		-0,52	-1,76
10–11	4,17	3,75		-0,42	-2,18
11–12	4,17	4,71	0,54		-1,64
12–13	4,17	5,35	1,18		-0,46
13–14	4,17	4,84	0,67		0,21
14–15	4,17	3,97		-0,2	0
15–16	4,17	3,52		-0,65	-0,65
16–17	4,17	3,42		-0,75	-1,4
17–18	4,17	4,07		-0,1	-1,5
18–19	4,17	4,58	0,41		-1,09
19–20	4,17	3,97		-0,2	-1,29
20–21	4,17	3,75		-0,42	-1,71
21–22	4,16	2,46		-1,7	-3,41
22–23	4,16	4,11		-0,05	-3,46
23–24	4,16	6,53	2,37		-1,09
Итого	100	100	10,14	10,13	

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

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{соб.н} + W_{пож} , \quad (1.15)$$

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

$W_{пож}$  – неприкосновенный запас воды на тушение пожара;

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

Объем регулирующей емкости резервуара составляет 7,79% суточного расхода воды:

$$W_{рег} = \frac{3,53 \cdot 1848,56}{100} = 65,25 \text{ м}^3 \quad (1.16)$$

Неприкосновенный противопожарный объем  $W_{пож}$  рассчитывается из условия тушения расчетного количества одновременных пожаров  $n$  в течение всего нормативного времени тушения пожара  $T_{пож}$  и определяется по формуле

$$W_{пож} = T_{пож} \cdot 3,6 \cdot \left( n_{н.н} \cdot q_{н.н} + n_{н.пр} + q_{н.пр} \right) = 3 \cdot 3,6 \cdot (1 \cdot 5 + 1 \cdot 10) = 162 \text{ м}^3, \quad (1.17)$$

где  $n$  – расчетное количество пожаров соответственно в населенном пункте и на промышленном предприятии, принимается по СНиП 2.04.02 – 84\*;

$q$  – расход воды на тушение одного пожара, соответственно в населенном пункте и на промышленном предприятии л/с;

$T_{\text{пож}}$  – нормативное время тушения одного пожара, принимается 3 ч.

Объем регулирующей емкости резервуара на собственные нужды станции составляет 8% от  $Q_{\text{сут.макс}}$ :

$$W_{\text{соб.н}} = 0,08 \cdot Q_{\text{сут.макс}} = 0,08 \cdot 1083 = 86,64 \text{ м}^3 \quad (1.18)$$

Полный объем резервуаров чистой воды:

$$W_{\text{РЧВ}} = 65,25 + 162 + 86,64 = 313,89 \text{ м}^3$$

Принимаю 2 резервуара объемом по  $172,8 \text{ м}^3$ . Размеры типового резервуара –  $6 \times 6 \times 4,8 \text{ м}$ .

### 1.5 Гидравлический расчёт трубопроводов

Для систем с башней в начале водопроводной сети выполняется гидравлические расчеты на два случая:

I – час максимального водопотребления;

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

Для систем с башней, расположенной в конце сети, дополнительно выполняется расчет на случай максимального транзита воды в башню. Такой же расчет выполняется, если водонапорная башня расположена в промежуточном положении по отношению к сети и работает как контррезервуар.

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.

### 1.6 Расчет сети во время максимального водоразбора

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

Пронумеруем узловые точки и определим длину каждого участка сети;

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

Определим удельное водопотребление:

$$q_{уд.} = \frac{Q_{max} - Q_{III}}{\sum \ell} = \frac{(110,14 - 4,51) \cdot 1000}{3600 \cdot 5995} = 0,0049 \text{ л/с на 1 п. м.}, \quad (1.19)$$

где  $Q_{max} = 110,14 \text{ м}^3/\text{ч}$  – общий расход воды, л/с;  
 $Q_{III} = 4,51 \text{ м}^3/\text{ч}$  – сосредоточенный расход, отбираемый крупным потребителем, л/с;

$\sum \ell$  – суммарная длина водопроводной сети, м.

Длина водоводов, переходов под дорогами и водными преградами, участки, проходящие по незастроенной территории при этом не учитывается;  
 Определим путевой расход по каждому участку:

$$Q_{II} = q_{уд.} \cdot \ell, \quad (1.20)$$

где  $\ell$  – длинна участка, м.

Результаты расчетов представим в виде таблицы 1.3.

Таблица 1.3 – Определение путевых отборов

Номер участка	Длина участка, м	Путевой расход, $Q_{II}$ , 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

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 1.4.

Таблица 1.4– Определение узловых отборов

Номер узла	Номера участков, примыкающих к узлу	$Q_{пут.}$ , л/с	$Q_{узл.}$ , 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

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).

Определим расход водонапорной башни на случай максимального водоразбора:

$$Q_{ВБ} = \frac{Q_{\max} - Q_{НС}}{3,6} = \frac{110,14 - 76,57}{3,6} = 9,33 \text{ л/с}, \quad (1.21)$$

где  $Q_{\max} = 110,14 \text{ м}^3/\text{ч}$  – общий расход воды,

Подача воды насосной станцией:

$$Q_{НС} = \frac{\sum Q^{\max} \cdot 4,16}{100} = \frac{1686,5 \cdot 4,16}{100} = 76,57 \text{ м}^3/\text{ч} = 21,27 \text{ л/с} \quad (1.22)$$

9)Проверим выполнение условия:

$$\sum Q_{\text{узн.}} + Q_{ПШ} = Q_{ВБ} + Q_{НС} \quad (1.23)$$

$$29,4 + 1,25 = 9,33 + 21,27, \\ 30,65 = 30,6 \text{ (л/с)} - \text{расчет верен.}$$

## 1.7 Расчет сети в момент пожара

Количество пожаров выбирается в зависимости от количества проживающих в населенном пункте. Принимаем 3 пожара, так как в данном

населенном пункте проживает жителей в данном диапазоне 176075 человек с расходом воды 55 л/с.

После чего производим трассировку водопроводной сети (рисунок.1.4).

Определим удельное водопотребление:

$$q_{уд.} = \frac{Q_{max} - Q_{III}}{\sum \ell} = \frac{(110,14 - 4,51) \cdot 1000}{3600 \cdot 5995} = 0,0049 \text{ л/с на 1 п. м.}, \quad (1.24)$$

где  $Q_{max} = 110,14 \text{ м}^3/\text{ч}$  – общий расход воды, л/с;

$Q_{III} = 4,51 \text{ м}^3/\text{ч}$  – сосредоточенный расход, отбираемый крупным потребителем, л/с;

$\sum \ell$  – суммарная длина водопроводной сети, м.

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

Определим путевой расход по каждому участку:

$$Q_{п} = q_{уд.} \cdot \ell, \quad (1.25)$$

где  $\ell$  – длинна участка, м.

Результаты расчетов представим в виде таблицы 1.5.

Таблица 1.5 Определение путевых отборов

Номер участка	Длина участка, м	Путевой расход, $Q_{п}$ , 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

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 1.6.

Таблица 1.6 – Определение узловых отборов

Но мер узла	Номера участков, примыкающих к узлу	$Q_{\text{нут.}}, \text{ л/с}$	$Q_{\text{узн.}}, \text{ л/с}$
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	19,99
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:			44,4

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).

Определим расход водонапорной башни на случай максимального водоразбора:

$$Q_{\text{ВБ}} = \frac{Q_{\text{max}} - Q_{\text{НС}}}{3,6} = \frac{110,14 - 76,57}{3,6} = 9,33 \text{ л/с},$$

(1.26)

где  $Q_{\text{max}} = 110,14 \text{ м}^3/\text{ч}$  – общий расход воды,  
Подача воды насосной станцией:

$$Q_{\text{НС}} = \frac{\sum Q^{\text{max}} \cdot 4,16}{100} = \frac{1686,5 \cdot 4,16}{100} = 76,57 \text{ м}^3/\text{ч} = 21,27 \text{ л/с}$$

(1.27)

$$\sum Q_{\text{узн.}} + Q_{\text{ПШ}} + Q_{\text{П}} = Q_{\text{ВБ}} + Q_{\text{НС}} + Q_{\text{П}}$$

(1.28)

Проверим выполнение условия:

$$29,4 + 1,25 + 15 = 9,33 + 21,27 + 15,$$

$$45,65 = 45,6 \text{ (л/с)} - \text{расчет верен.}$$

## 1.8 Гидравлическая увязка водопроводных сетей

Гидравлическая увязка сети в час максимального водопотребления приведена в таблице 1.7; расчет исправления приведен в таблице 1.8 и таблице 1.9.

Таблица 1.7 – Случай максимального водоразбора

№ кольта	№ участка	Длина участка $\ell$ , м	Предварительное распределение воды							
			$q$ , л/с	$d$ , мм	$v$ , м/с	$\sigma$	$S_0$	$S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	1-2	490	15	160	1,12	0,981	$4,591 \cdot 10^{-5}$	0,02206848	0,331027169	4,97
	1-3	650	11,6	140	1,12	0,981	$9,162 \cdot 10^{-5}$	0,05842149	0,677689319	-7,86
	2-3	380	0,89	110	0,5	1,17	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,14400594	0,128165287	0,11
								сумма:	1,13688177	-2,78
2	2-3	380	0,89	110	0,5	1,17	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,14400594	0,128165287	-0,11
	3-5	790	8,03	110	1,26	0,943	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,24129578	1,937605137	-15,56
	4-5	625	1,02	110	0,27	1,313	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,26580044	0,271116446	0,28
	2-4	400	11	140	1,07	0,981	$9,162 \cdot 10^{-5}$	0,03595169	0,395468568	4,35
								сумма:	2,732355438	-11,05
3	4-5	625	1,02	110	0,27	1,313	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,26580044	0,271116446	-0,28
	5-7	620	4,06	110	0,61	1,23	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,24700614	1,002844928	-4,07
	4-6	395	6,5	110	1,02	1	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,12794050	0,83161325	5,41
	6-7	525	1,06	110	0,27	1,313	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,22327237	0,23666871	0,25
								сумма:	2,342243334	1,31
4	6-7	525	1,06	110	0,27	1,313	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,22327237	0,23666871	-0,25
	6-8	685	1,5	110	0,24	1,368	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,30352021	0,455280318	0,68
	7-8	435	1,25	110	0,2	1,439	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,20275006	0,253437579	-0,32
								сумма:	0,945386607	0,12

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

(1.29)

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

(1.30)

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

(1.31)

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

(1.32)

Таблица 1.8 – Случай максимального водоразбора (Исправление 1)

№кольяца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ см, л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h$
1	1–2	1,22		16,22	0,358025736	5,81
	1–3	-1,22		10,38	0,606415097	-6,29
	2–3	1,22	-2,02	0,09	0,012960535	0,00
				сумма:	0,977401368	-0,49
2	2–3	-2,02	1,22	0,09	0,012759538	0,00
	3–5	-2,02		6,01	1,450187656	-8,72
	4–5	2,02	0,28	3,32	0,882457453	2,93
	2–4	2,02		13,02	0,468090978	6,09
				сумма:	2,813495625	0,31
3	4–5	0,28	2,02	3,32	0,882265074	-2,93
	5–7	0,28		4,34	1,072006648	-4,65
	4–6	-0,28		6,22	0,79578991	4,95
	6–7	-0,28	0,06	0,84	0,187548789	0,16
				сумма:	2,93761042	-2,47
4	6–7	0,06	-0,28	0,84	0,18776232	-0,16
	6–8			1,5	0,455280318	0,68
	7–8			1,25	0,253437579	-0,32
				сумма:	0,896480217	0,21

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

(1.33)

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{2,47}{2 \cdot 2,938} = 0,42 \text{ л/с}$$

(1.34)

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{0,21}{2 \cdot 0,896} = 0,12 \text{ л/с}$$

(1.35)

Таблица 1.9 – Случай максимального водоразбора (Исправление 2)

№кольяца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ см, л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h$
2	2–3			0,09	0,012759538	0,00
	3–5			6,01	1,450187656	-8,72
	4–5	-0,05	-0,42	2,85	0,757531247	2,16
	2–4			13,02	0,468090978	6,09
				сумма:	2,688569419	-0,46
3	4–5	-0,42	-0,05	2,85	0,757065461	-2,16
	5–7	-0,42		3,92	0,968264069	-3,80
	4–6	0,42		6,64	0,84952492	5,64
	6–7	0,42	0,12	0,97	0,216574196	0,21



				сумма:	2,791428646	-0,10
4	6-7	0,12	0,42	1,38	0,308329398	-0,43
	6-8			1,5	0,455280318	0,68
	7-8			1,25	0,253437579	-0,32
	2-3			сумма:	1,017047295	-0,06

Гидравлическая увязка сети в момент пожара приведена в таблице 1.10; расчет исправления приведен в таблице 1.11, 1.12, 1.13.

Таблица 1.10 – Случай пожара

№ кольца	№ участка	Длина участка $\ell$ , м	Предварительное распределение воды							
			$q$ , л/с	$d$ , мм	$v$ , м/с	$\sigma$	$S_0$	$S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
1	1-2	490	21,6	160	1,6	0,899	$4,591 \cdot 10^{-5}$	0,02022381	0,43683438	9,44
	1-3	650	20	160	1,49	0,918	$4,591 \cdot 10^{-5}$	0,02739449	0,54788994	-10,96
	2-3	380	3,49	110	0,55	1,145	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,14092889	0,49184182	1,72
								сумма:	1,47656615	0,19
2	2-3	380	3,49	110	0,55	1,145	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,14092889	0,49184182	-1,72
	3-5	790	19,03	160	1,41	0,926	$4,591 \cdot 10^{-5}$	0,03358500	0,63912257	-12,16
	4-5	625	4,52	110	0,71	1,084	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,21944225	0,99187897	4,48
	2-4	400	15	160	1,12	0,977	$4,591 \cdot 10^{-5}$	0,01794162	0,26912442	4,04
								сумма:	2,39196779	-5,36
3	4-5	625	4,52	110	0,71	1,084	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,21944225	0,99187897	-4,48
	5-7	620	3,56	110	0,56	1,145	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,22993661	0,81857433	-2,91
	4-6	395	7	110	1,1	0,981	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,12550963	0,87856741	6,15
	6-7	525	1,56	110	0,25	1,368	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,23262498	0,36289496	0,57
								сумма:	3,05191568	-0,68
4	6-7	525	1,56	110	0,25	1,368	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,23262498	0,36289496	-0,57
	6-8	685	1,5	110	0,24	1,368	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,30352021	0,45528038	0,68
	7-8	435	1,25	110	0,2	1,439	$3,239 \cdot 10^{-4}$	0,20275006	0,25343757	-0,32
								сумма:	1,07161286	-0,20

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

(1.36)

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

(1.37)

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

(1.38)

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

(1.39)

Таблица 1.11 – Случай пожара (Исправление 1)

№кольяца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ см, л/с	q, л/с	S·q	h
1	1-2	-0,07		21,53	0,435503413	9,38
	1-3	0,07		20,07	0,549807555	-11,03
	2-3	-0,07	-1,12	2,3	0,324136447	0,75
				сумма:	1,309447414	-0,91
2	2-3	-1,12	-0,07	2,30	0,324111009	-0,75
	3-5	-1,12		17,91	0,601507375	-10,77
	4-5	1,12	-0,11	5,53	1,213515643	6,71
	2-4	1,12		16,12	0,289219043	4,66
				сумма:	2,42835307	-0,15
3	4-5	-0,11	-1,12	3,29	0,721608792	-2,37
	№участка	q, л/с	q см, л/с	q, л/с	S·q	h
	5-7	-0,11		3,45	0,793281305	-2,74
	4-6	0,11		7,11	0,892373473	6,34
	6-7	0,11	-0,09	1,58	0,367547468	0,58
				сумма:	2,774811038	1,82
4	6-7	-0,09	0,11	1,58	0,366776584	-0,58
	6-8	0,09		1,59	0,482597137	0,77
	7-8	-0,09		1,16	0,235190074	-0,27
				сумма:	1,084563794	-0,08

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

(1.40)

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

(1.41)

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

(1.42)

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

(1.43)

Таблица 1.12 – Случай пожара (Исправление 2)

№кольяца	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ см, л/с	q, л/с	S·q	h
----------	----------	------------------	--------------------------	--------	-----	---

			л/с			
1	1-2	0,35		21,88	0,442537717	9,68
	1-3	0,35		20,42	0,559395629	-11,42
	2-3	-0,35	-0,03	1,92	0,270583469	0,52
				сумма:	1,272516815	-1,22
2	2-3	-0,03	-0,35	1,92	0,270565569	-0,52
	3-5	-0,03		17,88	0,600499825	-10,74
	4-5	0,03	0,33	5,89	1,292514853	7,61
	2-4	0,03		16,15	0,289757292	4,68
				сумма:	2,453337538	1,04
3	4-5	0,33	0,03	3,65	0,799990479	-2,92
	5-7	0,33		3,78	0,869160386	-3,29
	4-6	-0,33		6,78	0,850955295	5,77
	6-7	-0,33	-0,04	0,97	0,225646231	0,22
				сумма:	2,74575239	-0,21
4	6-7	-0,04	-0,33	1,20	0,281025196	-0,34
	6-8	0,04		1,63	0,494737946	0,81
	7-8	-0,04		1,12	0,227080071	-0,25
				сумма:	1,002843212	0,21

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

(1.44)

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum S q} = \frac{1,04}{2 \cdot 2,453} = 0,21 \text{ л/с}$$

(1.45)

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

(1.46)

Таблица 1.13 – Случай пожара (Исправление 3)

№колья	№участка	$\Delta q$ , л/с	$\Delta q$ см, л/с	$q$ , л/с	$S \cdot q$	$h$
1	1-2	0,48		22,36	0,452245148	10,11
	1-3	-0,48		19,94	0,54624627	-10,89
	2-3	0,48	0,21	2,61	0,367719594	0,96
				сумма:	1,366211012	0,18
2	2-3	0,21	0,48	2,61	0,367970292	-0,96
	3-5	0,21		18,09	0,607552675	-10,99
	4-5	-0,21	-0,04	5,64	1,23765429	6,98

	2-4	-0,20		15,95	0,286168967	4,56
				сумма:	2,499346224	-0,41
3	4-5	-0,04	-0,21	3,40	0,745376561	-2,53
	5-7	0,00		3,78	0,869160386	-3,29
	4-6	0,00		6,78	0,850955295	5,77
	6-7	0,00	0	0,97	0,225646231	0,22
					сумма:	2,691138472

## 1.9 Гидравлический расчёт водоводов

Расчёт водоводов при максимальном водоразборе приведен в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Расчёт водоводов при максимальном водоразборе

№ кольца	Длина участка $\ell$ , м	Предварительное распределение воды							
		$q$ , л/с	$d$ , мм	$v$ , м/с	$\sigma$	$S_0$	$S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$	$S \cdot q$	$h = S \cdot q^2$
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

## 2 Расчет скважин

### 2.1 Тип водозаборного сооружения подземных вод

Подземные воды добывают специальными устройствами – водозаборами различных типов с учетом условий залегания подземных вод, их формирования и обеспечения потребного расхода в течение расчетного срока, а в ряде случаев и в перспективе.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение имеет приоритет перед другими потребителями подземных вод. Это обусловлено высоким качеством пресных подземных вод и их лучшей защищенностью от загрязнения.

Устройства водозаборных узлов и состав их сооружений определяются условиями залегания, мощностью, водообильностью, глубиной и геологическим строением водоносных горизонтов, гидравлическими характеристиками подземного потока (напором, скоростью и направлением движения, связью с другими водоносными массивами, пластами и поверхностными водами), санитарным состоянием территории, намеченной производительностью и технико-экономическими показателями.

Приток воды к скважине (дебит), м<sup>3</sup>/сут, определяют по формуле:

$$Q_c = \frac{2,73 \cdot k_\phi \cdot m \cdot S}{lg \frac{R}{r}} = \frac{2,73 \cdot 15 \cdot 35 \cdot 3,5}{lg \frac{100}{0,75}} = 2383,5 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (2.1)$$

где  $K_\phi$  – коэффициент фильтрации, м/сут, водоносного пласта [3.табл.6.5];

$m$  – мощность водоносного пласта, м;  
 $S$  – понижение уровня воды в скважине при откачке, м;  
 $R$  и  $r$  - соответственно радиус влияния депрессионной воронки и радиус скважины, м. ( $r = D_n/2 + 0,5 = 25 + 0,5 = 0,75$  (м))

$S$  принимается в размере 10-15% от  $m$ .

$R$  принимается по [3 табл. 6.5],  $r$  рассчитывается по диаметру погружного насоса. Насос подбирается по расчетному количеству потребляемой воды. Для подбора насоса можно воспользоваться [3, табл. 6.9].

Диаметр фильтра, м, определяют по формуле

$$D_{\phi} = \frac{Q_{max}}{\pi \cdot l_{\phi} \cdot V_{\phi}} = \frac{1848,56}{3,14 \cdot 21 \cdot 160,3} = 0,36 \quad (2.2)$$

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

$l_{\phi}$  - длина рабочей водоприемной части фильтра, м, принимается в пластах с мощностью менее 10 м – на 1 – 2 м меньше мощности пласта, в пластах с мощностью более 10 м - определяется по формуле

$$l_{\phi} = (0,5 - 0,8) \cdot m = 0,6 \cdot 35 = 21 \text{ м} \quad (2.3)$$

$V_{\phi}$  - скорость фильтрации, м<sup>3</sup>/сут. Для дырчатых, щелевых, проволочных и сетчатых фильтров  $V_{\phi}$  определяется по формуле

$$V_{\phi} = 65 \sqrt[3]{k_{\phi}} = 65 \sqrt[3]{15} = 160,3 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.4)$$

Для решения вопроса о том, обеспечит ли скважина потребность в воде, необходимо сравнить дебит скважины с подачей насоса.

После расчета скважины необходимо выполнить схему конструктивных размеров элементов водозаборной скважины пользуясь [3 табл. 6.6].

Диаметр эксплуатационной колонны обсадных труб определяется по формуле

$$D_3 = D_{\phi} + 50 \text{ мм} = 0,39 \text{ м} \quad (2.5)$$

Внутренний диаметр направляющей трубы равен

$$D_n = D_3 + 100 \text{ мм} = 0,4 \text{ м} \quad (2.6)$$

В таблице 2.1 приведены тип фильтра, материалы для изготовления, особенности конструкции и область применения.

Таблица 2.1 – Тип фильтра в области его применения

Тип фильтра	Материалы для изготовления	Особенности конструкции	Область применения
трубчатые с круглой 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

## 2.2 Гидрогеологический расчет скважин

Гидрогеологические расчеты водозаборных сооружений производят на основании законов движения подземных вод с учетом гидравлических условий состояния подземного потока (напорный и безнапорный), при той или иной степени схематизации гидрогеологической обстановки.

Обычно для расчетов выделяют три основные схемы водоносных пластов: неограниченные по площади распространения, изолированные и слоистые горизонты, к которым относятся артезианские бассейны; полуограниченные пласты и пласты – полосы – долины рек; ограниченные по площади распространения пласты. Кроме того, учитывают также расположение водоприемной части скважины в пласте, намеченном к эксплуатации: водоприемная часть вскрывает пласт на полную мощность (совершенная скважина) или не на полную (несовершенная скважина).

На рисунке 2.1 приведена схема притока воды в одиночной скважине.

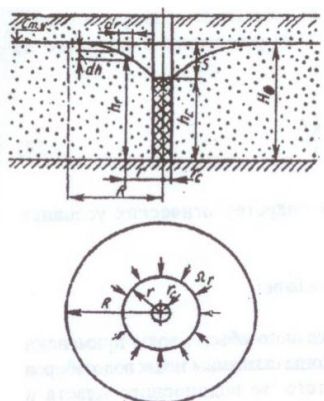


Рисунок 2.1 - Схема притока воды в одиночной скважине

В каждой одиночно работающей скважине расположенной в напорном пласте мощностью  $M$ , через любую цилиндрическую поверхность  $\Omega_r$  пласта, очерченную вокруг скважины радиусом  $r$ , при коэффициенте фильтрации пород пласта  $k$  и диаметре фильтра скважины  $d_c$  в условиях установившегося движения расход воды будет одинаковым:

$$Q_c = \Omega_r v_r = \Omega_r k i_r = -2\pi r M k \frac{dh}{dr} \quad (2.7)$$

где  $i_r$  - гидравлический градиент потока на расстоянии  $r$  от оси скважины,  $i_r = -dh/dr$

В результате интегрирования этого уравнения получаем известное выражение Дюпюи, связывающее параметры скважины и ее дебит с понижением уровня  $s$  в скважине:

$$Q_c = \frac{2\pi k M s}{\ln \frac{R}{r_c}} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 15 \cdot 35 \cdot 3.5}{\ln \frac{100}{0.75}} = 5443.2 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (2.8)$$

А также уравнение кривой напоров (напорной линии):

$$h_r = H_o - \frac{Q_c}{2\pi k M} \ln \frac{R}{r} = 150,8 - \frac{5443,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 35} \ln \frac{100}{0,75} = 147,3 \text{ м} \quad (2.9)$$

Определяем количество скважин:

$$n = \frac{3697,12}{2383,5} = 2 \text{ скважины} + 1 \text{ резервная} + 1 \text{ проектируемая.}$$

### 2.3 Групповые водозаборы

Для забора из подземных источников большого объема воды применяют групповые водозаборы из нескольких скважин. Когда скважины таких водозаборов забирают воду одновременно из одного и того же водоносного пласта и расположены друг от друга на расстоянии, меньшем суммы их радиусов влияния, производительность каждой из них снижается. Если расстояние между ними превышает сумму их радиусов влияния, они рассчитываются как независимые одиночные скважины.

Величина изменения расходов или динамических уровней при взаимном влиянии работающих скважин зависит от многих причин, в том числе от количества забираемой воды, расстояния между скважинами, мощности, водообильности и условий питания водоносного пласта, взаимного расположения скважин и местности и.т.п.

Степень взаимного влияния обычно учитывают коэффициентом влияния (взаимное влияние скважин рисунок 2.2)  $\beta = Q'/Q = 2383,5/3,5 = 681$ , где  $Q$  - дебит скважины при отсутствии взаимодействия;  $Q'$  - то же, при наличии взаимодействия и той же величине понижения динамического уровня в скважине.

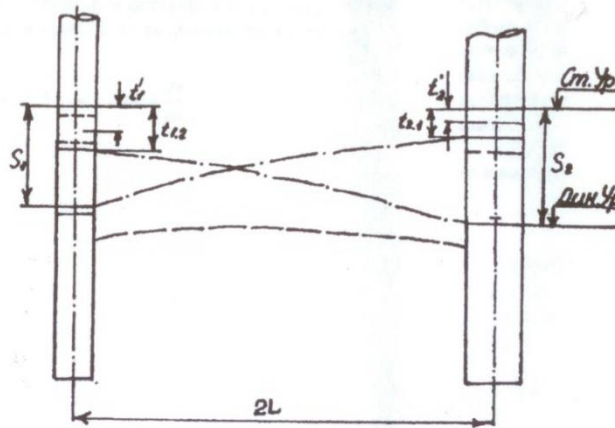


Рисунок 2.2 - Взаимное влияние скважин

Поскольку расходы напорных скважин пропорциональны изменению  $s$ , то с учетом срезки будем иметь

$$Q'_1 = \frac{Q_1}{s_1} (s_1 - t_{1,2}) = Q_1 \left( 1 - \frac{t_{1,2}}{s_1} \right) = 2383,5 \left( 1 - \frac{1,75}{3,5} \right) = 1191,75 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.10)$$

$$Q'_2 = \frac{Q_2}{s_2} (s_2 - t_{2,1}) = Q_2 \left( 1 - \frac{t_{2,1}}{s_2} \right) = 2383,5 \left( 1 - \frac{1,75}{3,5} \right) = 1191,75 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.11)$$

В общем случае при действии целой группы  $n$  скважин истинная срезка и расход  $i$ -й скважины будут выражаться в виде

$$Q'_i = Q_i \left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^n t_{ij}}{s_i} \right) = \beta_i \cdot Q_i = 681 \cdot 2383,5 = 1623163 \text{ м}^3/\text{сут} \quad (2.12)$$

где  $t_{ij}$  - срезка в  $i$ -й скважине от воздействия  $j$ -й скважины, находящейся от нее на расстоянии

Величина этой срезки при производительности  $Q_i$  воздействующей скважины с радиусом влияния  $R_i$  будет



$$t_{ij} = \frac{Q_j \ln(R_j / r_{ij})}{2\pi kM} = \frac{2383,5 \ln(100/0,75)}{2 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 35} = 3,5 \quad (2.13)$$

Приток воды в скважинах групповых водозаборов в напорных и безнапорных пластах обычно рассчитывают по формулам:

$$Q = \frac{2\pi kMs}{\Phi_c + \zeta_1 + \zeta_2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 35 \cdot 3,5}{5,27 + 2,75 + 2,75} = 1049 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (2.14)$$

$$Q_c = \frac{\pi kM(2H_0 - s)s}{\Phi_c + \zeta_1 + \zeta_2} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 35 (2 \cdot 26 - 3,5) 3,5}{5,27 + 2,75 + 2,75} = 25439 \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (2.15)$$

где  $\Phi_c$  - безразмерное фильтрационное сопротивление скважины, зависящее от особенностей водоносного пласта, характера расположения в нем скважин и продолжительности эксплуатации водозабора.

Для линейного ряда скважин радиусом  $r_c$ , расположенных в неограниченном пласте на расстоянии  $l_c$  друг от друга перпендикулярно основному направлению потока,

$$\Phi_c = \ln \frac{l_c}{2\pi r_c} + \frac{\pi R}{l_c} = \ln \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,75} + \frac{3,14 \cdot 100}{200} = 5,27 \quad (2.16)$$

### 3 Расчет и проектирование насосных станций

#### 3.1 Насосное оборудование

Для подъема воды из водозаборных скважин, как правило, применяются погружные насосы. 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. Полный напор насосной установки  $H_p$ , м определяют по формуле

$$H_p = H_{\text{geom}} + \sum H_{\text{toti}} + H_f \quad (3.1)$$

где  $H_{\text{geom}}$  - геометрическая высота подъема воды от динамического уровня воды в водозаборном сооружении до расчетной точки (наиболее высоко расположенного прибора), м, принимаем как от отметки динамического уровня отнимаем отметку статического уровня и отметку верхнего водопора, т.е.

$$H_{\text{geom}} = Z_{\text{дин}} - (Z_{\text{ст}} - Z_{\text{верх. в/у}}), \text{ м}; \quad (3.2)$$

$$H_{\text{geom}} = 150,8 - (122,8 - 59,65) = 87,7\text{м};$$

$\Sigma H_{\text{totl}}$  – потери напора при движении воды до расчетной точки, м, находим как к отметке поверхности земли прибавляем высоту отстойки без глиняного замка и отнимаем геометрическую высоту подъема воды, т.е.

$$\Sigma H_{\text{totl}} = Z_{\text{земли}} + 0,5 - H_{\text{geom}}, \text{ м}; \quad (3.3)$$

$$\Sigma H_{\text{totl}} = 117 + 0,5 - 87,7 = 29,8\text{м};$$

$H_f$  - необходимый свободный напор в расчетной точке, м, принимаем 4м для скважин глубиной заложения до 105м.

$$H_p = 87,7 + 29,8 + 4 = 121,5\text{м}.$$

В качестве скважинного электронасосного агрегата для воды принимаем по [3] насос типа 2ЭЦВ10-120-100 компании ЗАО "Машиностроительный завод "Южуралгидромаш". Насос устанавливается в скважине ниже уровня воды с максимально допустимым для данного типоразмера диаметром обсадной колонны труб скважины 235мм. Трубы соединяются с помощью фланцев. Основные технические данные насоса представлены в таблице 3.1, а конструкция насоса рисунок 3.1.

Таблица 3.1 – Основные технические данные скважинного электронасосного агрегата для воды (погружного насоса) ЭЦВ10-120-100

Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Мощность электродвигателя, кВт	КПД агрегата, %	Масса, кг	Габариты насоса ВхН, мм	Внутренний диаметр скважины, мм
120	100	45	60	271	235x1930	235

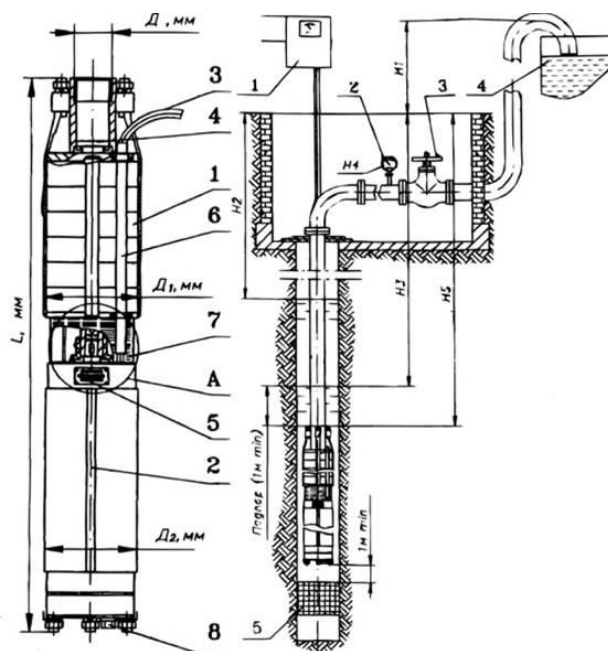


Рисунок 3.1 - Конструкция погружных насосов типа ЭЦВ

### 3.2 Расчёт регулирующей ёмкости

Регулирующий объем емкости  $W$ , определяем по формуле

$$W = \frac{q_{hr}}{4n} \quad (3.4)$$

где  $q_{hr}$  – производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $n$ -допустимое число включений насоса в час, принимаемое для установок с безнапорными баками – до 4.

$$W = 120 / 4 \cdot 4 = 7.5 \text{ м}^3$$

Полную вместимость емкостей  $V$ ,  $\text{м}^3$ , определяем по формуле для безнапорного бака:

$$V = B \cdot W \quad (3.5)$$

где  $B$  - коэффициент запаса вместимости бака, принимаемый 1,2 - 1,3.

$$V = 1,2 \cdot 7.5 = 9 \text{ м}^3$$

На вспомогательном оборудовании, объемах временного строительства, архитектурном оформлении и т. п.

Необходимо наиболее полно использовать стандартные изделия и местные

### 3.3 Насосная станция II подъема

Насосами этой станции подается очищенная вода из резервуаров чистой воды (РЧВ) непосредственно к потребителю. Поэтому подачу насосной станции II подъема определяют в зависимости от режима водопотребления населенного пункта.

По данным расчета часовой неравномерности водопотребления построен график водопотребления города (глава I). График режима работы насосной станции II подъема принят из условия максимального приближения его к графику водопотребления.

Напор насосов станции II подъема определяют после полного расчета сети. Напор на станции должен быть достаточным для обеспечения требуемого свободного напора в сети населенного пункта с учетом потерь напора в сети и рельефа местности.

### 3.4 Определение уровней воды в РЧВ

Для хранения рассчитанного объема воды принимаю прямоугольные железобетонные резервуары. Полный объем РЧВ составляет  $W_p = 313,89 \text{ м}^3$ .

Число резервуаров  $N_p$  выбираются в зависимости от величины аккумулированного объема и в количестве не менее двух. Принимаю 2 РЧВ, объемом  $W_p = 172,8 \text{ м}^3$  каждый. Размеры резервуара определяют исходя из размеров сборных унифицированных конструкций заводского изготовления.

Принимаем резервуар длиной  $L = 6 \text{ м}$ , шириной  $B = 6 \text{ м}$  и высотой  $H = 4,8 \text{ м}$ .

Максимальная высота слоя воды в резервуаре и слоя противопожарного запаса воды составит:

$$h_{\max} = W / N \cdot F_p = 313,89 / 2 \cdot 36 = 4,4 \text{ м} \quad (3.6)$$

$$h_{II} = W_{II} / N \cdot F_p = 162 / 2 \cdot 36 = 2,3 \text{ м} \quad (3.7)$$

где  $W_{II}$  - неприкосновенный противопожарный объем,  $\text{м}^3$ ;

$W$  - полный объем РЧВ,  $\text{м}^3$ ;

$N$  – количество резервуаров;

$F_p$  – площадь одного РЧВ.

Заглубление резервуара задается из условия минимальной выемки грунта котлована под сооружение, равное половине высоты  $H_p$ .

По вычисленному значению высоты определяется отметка слоя пожарного запаса воды в резервуаре:

$$Z_{II} = Z_{Д} + h_{II} = 117,6 + 2,3 = 119,9 \text{ м}$$

(3.8)

Максимальный уровень воды в резервуаре:

$$Z_{p.\text{max}} = Z_{Д} + h_{\text{max}} = 117,6 + 4,4 = 122 \text{ м}$$

(3.9)

Найденные отметки представлены на рисунке 3.2.

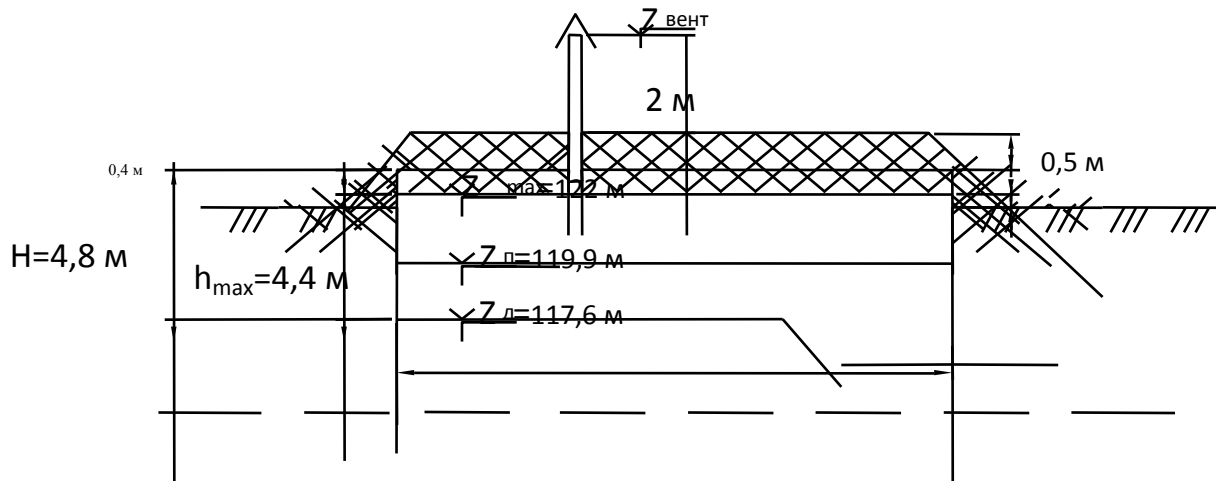


Рисунок 3.2 – Схема РЧВ

### 3.5 Расчет диаметров всасывающих и напорных трубопроводов

Диаметр всасывающих и напорных труб определяют по расчетному расходу при нормальном режиме работы водозабора и скорости движения воды в трубах:

$$D = \sqrt{\frac{Q_1}{0,785 \cdot V_m}} = 1,13 \cdot \sqrt{Q_1 / V_m}, \quad (3.10)$$

где  $Q_1$  – расчетный расход одной секции;

$V_T$  – допустимая расчетная скорость в трубопроводе, для трубопроводов насосных станций  $V_T^{bc} = 1,0$  м/с и  $V_T^{нап} = 2,0$  м/с.

Количество всасывающих линий на насосных станциях первой и второй категории, независимо от количества групп насосов, включая, пожарные, должно быть не менее двух. При установке крупных насосных агрегатов число всасывающих труб принимается равным числу насосов.

Диаметр всасывающих трубопроводов насосной станции:

$$D = \sqrt{\frac{0,02}{0,785 \cdot 1,0}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,02}{1,0}}$$

$$D = 0,160 \approx 0,160 \text{ м} \rightarrow D = 160 \text{ мм}$$

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

Диаметр напорных трубопроводов насосной станции:

$$(3.11) \quad D = \sqrt{\frac{0.02}{0.785 \cdot 2.0}} = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{0.02}{2.0}}$$

$$D = 0,113 \approx 0,113 \text{ м} \rightarrow D = 140 \text{ мм}$$

### 3.6 Определение требуемого напора насосов

Высота подъема насосов определяется по формуле

$$H_H = H_G + h_{w.вс.л} + h_{w.н.л}, \quad (3.12)$$

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

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

$$h_{w.вс.л} = S_{o.вс} \cdot L_{в} \cdot Q_{вс}^2 + h_{к.вс}, \text{ м} \quad (3.13)$$

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

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

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

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

$$h_{w.в.вс} = 7,715 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot 29,4^2 + 1,5 = 4,8 \text{ м}$$

$$h_{w.н.л} = h_{w.уч} + h_{к.н} \quad (3.14)$$

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

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

$$h_{w.уч} = 5,81 + 6,09 + 5,64 + 0,68 = 18,22 \text{ м} \quad (3.15)$$

$$h_{w.n.l.} = 18,22 + 2 = 20,22 \text{ м}$$

Геометрическая высота подъема воды, м, определяется по формуле

$$H_{\Gamma} = H_Z, \text{ м} \quad (3.16)$$

где  $H_Z$  – разность отметок поверхности земли у диктующей точки  $Z_{\partial.m.}$  и расчетного (пожарного) уровня в резервуаре чистой воды  $Z_{\Pi PЧВ}$ :

$$H_Z = Z_{\partial.m.} - Z_{\Pi} = 126,4 - 119,9 = 6,5 \text{ м} \quad (3.17)$$

$$H_{\Gamma} = 6,5 + 4,8 + 20,22 = 31,52 \text{ м}$$

Полная высота подъема насосов определяется по формуле

$$H_n = H_{\Gamma} + H_{CB}, \text{ м} \quad (3.18)$$

где  $H_{CB}$  – требуемый свободный напор над поверхностью земли в диктующей точке, определяется по формуле

$$H_{CB} = 4 \cdot (n - 1) + 10 = 4 \cdot (3 - 1) + 10 = 18 \text{ м} \quad (3.19)$$

Полная высота подъема насосов:

$$H_n = 31,52 + 18 = 49,52 \text{ м}$$

### 3.7 Подбор насосов

Насосы в насосной станции II подъема, как правило, работают совместно, в параллельном режиме подачи воды в водовод, т.е. несколько насосов подают воду в одну систему. Подбор марки насосов производится по требуемому подаче  $Q_H = 77,02 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напору  $H_H = 49,52 \text{ м}$ . По сводному графику рабочих зон насосов предварительно намечается марка насосов. Окончательный выбор производится по рабочим характеристикам насосов:

Принимаем 3 насоса по [3] марки WILO NL 50/200-9-2-12-50Hz со следующими техническими характеристиками:

- подача –  $80,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; напор –  $50,4 \text{ м}$ ;
- частота оборотов –  $2900 \text{ мин}^{-1}$ ;
- мощность электродвигателя –  $8,4 \text{ кВт}$ ;
- габариты  $L \times V \times H$  –  $1090 \times 390 \times 440 \text{ мм}$ .

## 4 Современные локальные установки водоподготовки для индивидуальных жилых строений и малоэтажных поселков

Вода каждого источника водоснабжения имеет индивидуальный химический состав. Это обусловлено географическим расположением источника, глубиной залегания эксплуатируемого водоносного пласта и составом слагающих его пород. Природная вода крайне редко соответствует нормам питьевого водоснабжения, а тем более требованиям, предъявляемым производителями водонагревательного и бытового оборудования, которое всегда есть в современном доме. Использование неподготовленной воды неизбежно приводит к увеличению затрат в том числе на защиту здоровья. Большое распространение получили рефайнеры.

Рефайнеры – это комплексные специализированные автоматические системы умягчения и очистки воды, содержащей высокие концентрации хлора и солей жесткости. Снижение содержания этих веществ обеспечивается с помощью современных наполнителей, не требующих применения агрессивных химических реагентов. Рассмотрим несколько вариантов. Рефайнер системы AtollExcellence L-17 показан на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1- Рефайнер системы AtollExcellence L-17

Система AtollExcellence L-17. Является экономичной, бытовой автоматической системой умягчения воды, которая содержит высокий уровень концентрации солей жесткости. Периодичность регенерации (восстановления свойств) по расходу воды задает электронный блок. Соляной раствор в процессе регенерации проходит снизу вверх через смолу, таким образом восстановление свойств смолы начинается с менее загрязненных слоев. В системах AtollExcellence L-17 применяется процесс пропорционального дозирования реагента. Сборка систем смягчения воды AtollExcellence L-17 происходит в России, из произведенных в США и России комплектующих. Общие характеристики: полностью автоматический процесс регенерации, минимальное гидравлическое сопротивление системы, пропорциональное дозирование реагента, регенерация восходящим потоком раствора, экономный расход реагента для регенерации, надежный шести-позиционный однодисковый тefлоновый клапан  $\frac{3}{4}$ "", безопасное электропитание 24В, 50Гц. Типы наполнителей: рабочий материал –



моносферные ионообменные смолы (Rohm&Naas); подложка – очищенный кварц; регенерирующий агент – поваренная соль.

Tapworks-ТМ - профессиональный фильтр для комплексной очистки воды. Преимущества рефайнеров этого типа: фильтрующий материал Мiх; умягчение, удаление железа, марганца, органических веществ в одном фильтре; низкие расходы соли на регенерацию объёму очищенной воды; автоматическая регенерация по объёму очищенной воды; электронный контроллер для специалистов. Рефайнер Tapworks-ТМ показан на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 -

Рефайнер Tapworks-ТМ

Но наиболее рефайнеры серий EcoWater благодаря современным технологиям водоочистки практически полностью избавляют воду от различных примесей. Фильтрация воды с помощью таких рефайнеров абсолютно безопасна, так как технология очистки воды с их помощью не предусматривает необходимости использования агрессивных химических реагентов. Рефайнер EcoWater показан на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3- Рефайнер EcoWater

Высокая эффективность рефайнеров EcoWater объясняется использованием наполнителя с уникальными свойствами. В качестве рабочего материала применяется ионообменная смола, изготовленная компанией Rohm&Naas. Благодаря небольшим размерам крупинки наполнителя, обмен катионами проходит в несколько раз быстрее, чем в

фильтрах, работающих с другими смолами. Важно отметить, что рабочий материал в рефайнерах EcoWater является двухкомпонентным. Загрузка в этих системах на 20% состоит из активированного коксового угля, потому рефайнеры способны избавить воду от неприятного запаха и привкуса. Регенерация рабочего материала проходит по уникальной схеме, запатентованной компанией EcoWater. Благодаря тому, что поток соляного раствора, применяемого для восстановления смолы, проходит в направлении, обратном стандартному ходу воды, рефайнеры завершают цикл регенерации намного быстрее и эффективнее других водоочистителей.

Так же, рефайнеры этой серии имеют и ряд общих характеристик, в основном касающихся строения и показателей безопасности. Корпус рефайнеров выполнен из полиэтилена, армированного стекловолокном с антикоррозийными свойствами. Уникальные показатели надежности обеспечиваются высокой эффективностью работы шести- и восьмипозиционных клапанов. Важно отметить, что рефайнеры EcoWater полностью автоматизированы и частично энергонезависимы – все настройки и собранные данные после отключения питания сохраняются в памяти системы до 48 часов.

Общие характеристики: полнопроходное подсоединение диаметром 1", минимальное гидравлическое сопротивление системы, точная установка времени для контроля регенерации, экономный расход реагента для регенерации, надежный шести/восьми - позиционный двухдисковый тефлоновый клапан, регенерация восходящим потоком раствора реагента, безопасное электропитание 24В, 50Гц. Типы наполнителей: рабочий материал – гранулированный кокосовый уголь и двухкомпонентные ионообменные смолы (Rohm&Haas); подложка – очищенный кварц; регенерирующий агент – поваренная соль.

В таблице 4.1 представлены сравнения рефайнеров трех видов.

Таблица 4.1- Сравнительная таблица технических характеристик

Параметры	EcoWaterERR	Tapworks-TM	AtollExcellence L
Жесткость воды макс. (мг-экв/л)	18	10	14
Раб.поток макс. (м3/час) / падение давления (бар)	1,8/0,8	1,5/0,8	1,5/0,8
Емкость макс. (мг/экв)	37200	18600	19900
Рабочее давление (бар)	1,4-8,7	1,4/8,6	1,4/8,6
Рабочая температура (°C)	1-37	4-49	4-49
Емкость солевого танка (кг)	110	50	90

Расход воды (л) / время (мин) на рег-цию	170/90	200	125
Кол-во гравия (кг)	3,6	5	5

Расчет количества рефайнера

$$N_p = \frac{Q_{\text{общ.}}}{Q_p}, \quad (4.1)$$

где,  $Q_{\text{общ}}$ —общий расход.  
 $Q_p$ —Расход рефайнера

$$N_p = \frac{1848,56}{43,2} = 20$$

Эффективность очистки рефайнера приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Расчет эффективности рефайнера

Исходная концентрация(мг-экв/л)	Конечная концентрация (мг-экв/л)	Эффект. Очистки, Э %
18	0,36	98%
12	0,24	98%

#### 4.1 Расчет напорного фильтра

Определение площади фильтра. Площадь напорного фильтра определяют по формуле:

$$F = \frac{Q_{\text{сут}}}{T \cdot v_{p,m} - 3,6 \cdot n (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n \cdot t_4 \cdot v_{p,n}}, \quad (4.2)$$

где  $Q_{\text{сут}}$ —производительность фильтра (полезная) в м<sup>3</sup>/сут;

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

$v_{p,m}$ —расчетная скорость фильтрования в м/ч;

$n$ —число промывок фильтров за сутки;

$w_1$  и  $t_1$ —интенсивность в л/сек·м<sup>2</sup> и продолжительность в ч первоначального взрыхления фильтрующей загрузки;

$w_2$  и  $t_2$ — интенсивность подачи воды в л/сек·м<sup>2</sup> и продолжительность в ч воздушной промывки;

$w_3$  и  $t_3$  – интенсивность в л/сек·м<sup>2</sup> и продолжительность отмывки в ч;  
 $t_4$  – продолжительность простоя фильтра из-за промывки в ч.

При заданной полезной производительности установки с напорными фильтрами  $Q_{\text{сут}}=11400 \text{ м}^3/\text{сутки}$ , или  $Q_{\text{час}}=475 \text{ м}^3/\text{час}$ :

$$F = \frac{1848,56}{24 \cdot 10 - 3,6 \cdot 2(8 \cdot 0,017 + 4 \cdot 0,083 + 8 \cdot 0,034) - 2 \cdot 0,34 \cdot 10} = 8,11 \text{ м}^2 \quad (4.3)$$

Количество напорных фильтров при площади одного фильтра  $f=7,1$  [3 табл. 47] должно быть:

$$N = \frac{F}{f}; \quad (4.4)$$

$$N = \frac{8,11}{7,1} \approx 2$$

Принимаем 2 рабочих фильтров и один резервный (если количество рабочих фильтров больше 10 то должно быть 2 резервных фильтра).

Первый этап очистки заключается в фильтровании через окислительную загрузку бирм с расчетной эффективностью 60 % .

После данной префильтровальной установки вода поступает на блок рефайнеров в кол-ве 20 штук.

#### 4.2 Расчет и внедрение УФ-установки для обеззараживания воды

Наиболее распространенным способом обеззараживания воды в настоящее время является хлорирование. Однако, этот способ не свободен от ряда недостатков. Токсичность хлора требует особых мер предосторожности при его хранении, транспортировании, дозировании. Необходим постоянный контроль за дозой хлора.

Обеззараживающее действие хлора является не мгновенно, а требует двухчасового контакта воды с хлором. Хлор действует только на вегетативные виды бактерий; спорообразующиеся бактерии при обычных дозах хлора не погибают. Для ТЭЦ наиболее опасным является соединение хлора с органическими составляющими воды, образующими стойкие твердые отложения внутри котла, приводящее к снижению образования пара, к снижению КПД котла, приводящее в целом к повышенной амортизации котлового оборудования. Из-за всех этих недостатков хлорирования, рекомендуются введение в эксплуатацию на промышленных объектах – бактерицидных облучателей. Этот способ полностью автоматичен, не требует введения в воду дополнительных реагентов, не влияет на органолептические свойства воды и действует не только на вегетативные бактерии, но и на бактериальные споры. Действие бактерицидного

облучателя практически мгновенно, вода, прошедшая через установку, может сразу же поступать в промышленный цикл.

Обеззараживание воды происходит вследствие фотохимического воздействия на бактерии, находящиеся в воде, ультрафиолетовой бактерицидной энергией, излучаемой специальными лампами.

Расход электроэнергии на обеззараживание 1 м<sup>3</sup> воды из поверхностных источников бактерицидным излучением, составляет до 30 кв·ч.

Основными факторами, влияющими на процесс обеззараживания воды бактерицидными облучателями являются: а) бактерицидный поток используемых источников облучения; б) поглощение излучения водой; в) сопротивляемость бактерий воздействию бактерицидных лучей.

Для обеззараживания воды могут быть использованы аргоно-ртутные лампы низкого давления, типа БУВ-30 и БУВ-60П, ртутно-кварцевые лампы высокого давления типа ПРК-7 и РКС-2,5.

Характеристика ламп для бактерицидного облучения дана в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Характеристика ламп для бактерицидного облучения

Тип лампы	Потребляемая мощность электрической энергии, Вт	Номинальная мощность лампы Вт·ч	Напряжение, В		Сила тока на лампе, А	Бактерицидная облученность, мкВт/см <sup>2</sup> ·м	Бактерицидный поток в лампе, Вт	
			В сети	На лампе			Номинальный	Расчетный
БУВ-15	19	15	127	57	0,3	12	1,2	0,8
БУВ-30	36	30	220	110	0,32	30	3,2	2
БУВ-30П	38	30	127	46	0,65	21	2,5	1,7
БУВ-60П	72	60	220	100	0,65	100	6	4
ПРК-7	1000	1000	220	135	8	-	50	35
РКС-2,5	2500	2500	220	850	3,4	-	125	50-75

### 4.3 Установки с источниками бактерицидного излучения

Применение бактерицидного излучения для обеззараживания воды возможно как при размещении этих источников в воздухе над свободной поверхностью облучаемой воды, так и при погружении их в воду в кварцевых чехлах, защищающих их от влияния температуры воды. Установки для обеззараживания воды делятся на два типа: с не

погруженными и погруженными источниками бактерицидного излучения. Нами будет использована установка с погруженным источником бактерицидного облучения.

В конструктивном отношении она представляет собой несколько последовательно соединенных герметических камер, в которых размещены несколько бактерицидных ламп в кварцевых чехлах. Эти установки предназначены для обеззараживания воды в напорной системе водопроводов с рабочим давлением до 5 атмосфер.

Обеззараживаемая вода проходит непрерывным потоком через несколько камер, подвергаясь бактерицидному воздействию ламп. Лампы размещены в кварцевых чехлах. Внутри каждой камеры находится по четыре перегородки, при помощи которых вода дважды приближается к источнику бактерицидного излучения, занимающему центральную часть камеры. Установка при помощи переходных патрубков присоединяется к напорному трубопроводу.

Каждая секция производительностью 30 м<sup>3</sup>/час состоит из последовательно соединенных камер (от 2 до 5, в зависимости от расчета).

Технические характеристики бактерицидного облучателя приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Технические характеристики бактерицидного облучателя

Наименование показателей	Единица Измерения	Значение		
		Вода из поверхностного источника	Вода из подземного источника	Вода, прошедшая глубокую очистку
Тип воды				
Производительность установки	м <sup>3</sup> /ч	60	87	133
Доза УФ облучения	мДж/см <sup>2</sup>	25	25	25
Потери напора в установке за счет гидравлического сопротивления	см вод.ст.	19	40	92
Минимальный и максимальный расходы	м <sup>3</sup> /ч	20..140		
Условный диаметр входного и выходного патрубков камеры обеззараживания	мм	150		
Рабочее давление в камере обеззараживания, не более	МПа (бар)	1(10)		
Разрежение в камере обеззараживания, не более	МПа (бар)	-0,01 (-0,1)		

Тип лампы		ДБ 300Н		
Наименование показателей	Единица Измерения	Значение		
Тип воды		Вода из поверхностного источника	Вода из подземного источника	Вода, прошедшая глубокую очистку
Количество ламп в камере	шт	10		
Срок службы лампы, не менее	ч	12000		
Напряжение питания	В	220±10%		
Коэффициент мощности, не менее		0,96		
Габариты: – камера обеззараживания – пульт управления – насос промывочный	мм	1231x450x410 800x600x252 512x210x345		
Объем камеры обеззараживания	дм <sup>3</sup>	42		

УФ-облучатель изображен на рисунке 4.1.

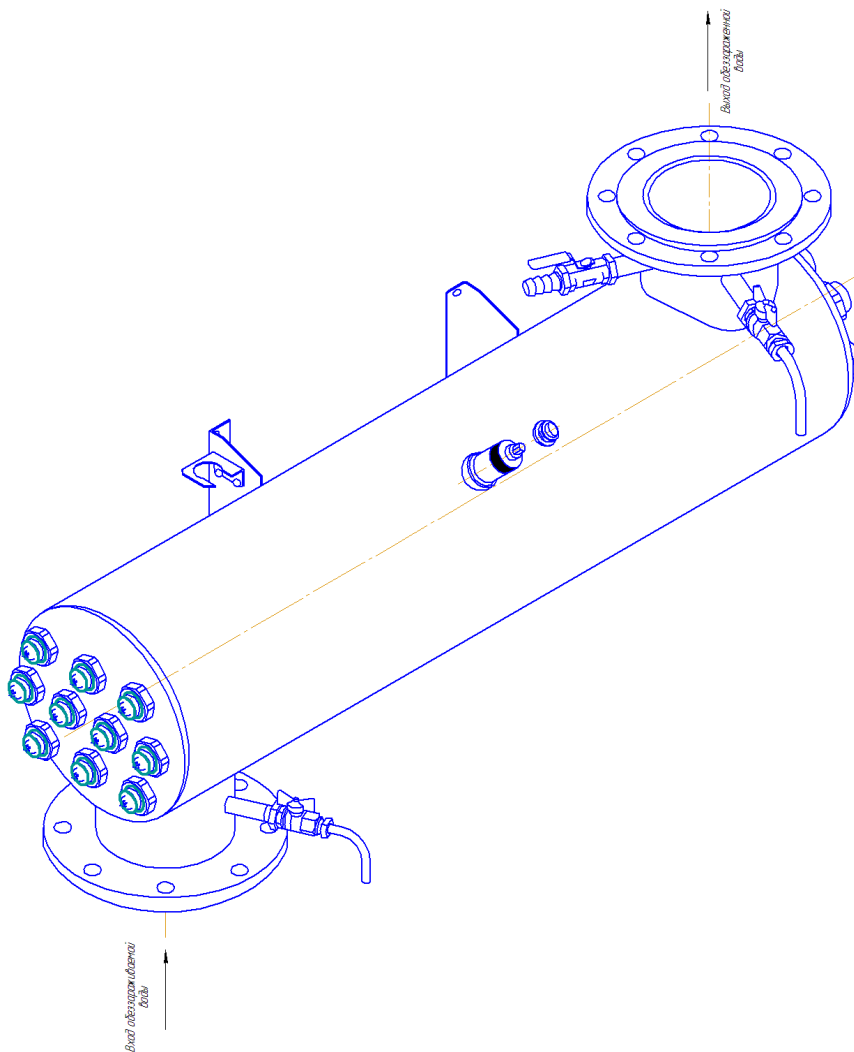


Рисунок 4.1 – УФ-облучатель

#### 4.4 Расчет установки для обеззараживания воды бактерицидным излучением

Расчетный бактерицидный поток рассчитывается по формуле

$$F_{\delta} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot \alpha \cdot \log(P \div P_0)}{1563,4 \cdot \mu \cdot \mu} \quad (4.5)$$

где  $Q_{\text{час}}$  - расчетный расход обеззараживаемой воды в м<sup>3</sup>/ч;  
 $\alpha$  - коэффициент поглощения облучаемой воды см<sup>-1</sup>, для обработанной воды из поверхностных источников водоснабжения 0,3см<sup>-1</sup>.

$K$  - коэффициент сопротивляемости облучаемых бактерий, принимаемый равным 2500 ;

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

$P$  - количество бактерий после облучения;



$\eta$  - 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.

$$F_6=600$$

Расход электроэнергии на обеззараживание воды вычисляется по формуле

$$S = \frac{N_n}{Q_{\text{час}}} \text{ Вт} \cdot \text{ч/м}^3 \quad (4.6)$$

где  $N$  – мощность потребляемая одной лампой;

$$S = \frac{60}{68,5} = 0,87 \text{ Вт} \cdot \text{ч/м}^3$$

Потребляемое количество ламп составит:

$$n = F/N_n \quad (4.7)$$

$$n=10$$

Эффективность очистки предложенной схемы водоподготовки составляет 96-98,9%.

Предлагаемая схема считается высоко эффективной и экономически выгодной.

## **5 Технологическая схема водоподготовки**

Схема водоподготовки включает следующие процессы: фильтрация и гидродинамическая кавитация

### **5.1 Технология водоподготовки с точки зрения возможного антропогенного воздействия на природную среду**

В результате водоподготовки происходит воздействие на водный объект за счет изъятия воды путем бурения скважины

## 5.2 Расчет выбросов пыли при сооружении скважин

При расчете загрязнений атмосферы пылевыми выбросами при бурении скважин исходят из того, что практически все буровые станки выпускаются промышленностью со средствами пылеочистки.

Расчет максимально разовых выбросов определяют по формуле

$$Q_3 = \frac{n \cdot z \cdot (1 - \eta)}{3600} = \frac{1 \cdot 396 \cdot (1 - 0.95)}{3600} = 0.0055 \text{ г/с} \quad (5.1)$$

где  $n$  – количество одновременно работающих буровых станков при использовании бурового станка БСШ-1, величина  $n = 1$ ;

$z$  – количество пыли, выделяемое при бурении одним станком, г/ч;

$\eta$  – эффективность системы пылеочистки в долях (для рукавного фильтра – 0.95%).

В качестве мероприятий по снижению выбросов пыли при сооружении скважин предлагаем применить пневматический бурильный молоток для бурения мокрым способом.

$$Q_3 = \frac{n \cdot z \cdot (1 - \eta)}{3600} = \frac{1 \cdot 360 \cdot (1 - 0.95)}{3600} = 0.005 \text{ г/с} \quad (5.2)$$

Количество снижения пыли определяется как разница между традиционным бурением и предлагаемым

$$Q = Q_{\text{трад}} - Q_{\text{предл}} = 0,0055 - 0,005 = 0,0005 \text{ г/с} \quad (5.3)$$

## 5.3 Оценка воздействия на атмосферный воздух

Для обеззараживания воды применяется кавитационная технология, не создающая выбросов в атмосферу.

## 5.4 Расчет зон санитарной охраны

Зоны санитарной охраны (далее ЗСО) предусматривают с целью обеспечения санитарно – эпидемиологической надежности водозаборов. ЗСО делятся на три пояса:

Первый пояс ЗСО – пояс строгого режима. Предотвращает случайное загрязнение подземных вод и охватывает скважины с учетом перспективного развития. Определяется в зависимости от прилегающей территории, так как у нас вокруг лес, то границы первого пояса составляют 30 м во все стороны.

Второй пояс ЗСО – рассчитывается с учетом времени продвижения микробного загрязнения воды до водозабора, устанавливается в зависимости от климатических районов и определяется по формуле

$$R_2 = \sqrt{\frac{Q \cdot T_M}{\pi \cdot m \cdot n}}, \text{ м} \quad (5.4)$$

$$R_2 = \sqrt{\frac{987,84 \cdot 200}{3,14 \cdot 35 \cdot 0,22}} = 18,38 \text{ м.}$$

где  $Q$  – расход скважины,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

$T_M$  – время микробного продвижения к скважине,  $5 \div 200$  суток;

$m$  – мощность водоносного пласта, м;

$n$  – пористость водоносного пласта 0,22 м.

Третий пояс ЗСО – рассчитываем с учетом времени продвижения химического загрязнения воды до водозабора. Рассчитываем по формуле

$$R_3 = \sqrt{\frac{Q \cdot T_x}{\pi \cdot m \cdot n}}, \text{ м} \quad (5.5)$$

$$R_3 = \sqrt{\frac{987,84 \cdot 3650}{3,14 \cdot 35 \cdot 0,22}} = 78,53 \text{ м.}$$

где  $Q$  – то же, что и в формуле (5.4);

$T_M$  – время эксплуатации скважины,  $10 \div 35$  лет;

$m$  – то же, что и в формуле (5.4);

$n$  – то же, что и в формуле (5.4).

Средний пояс строгой охраны определяется как среднеарифметическое второго и третьего поясов ЗСО:

$$R = \frac{R_2 + R_3}{2}, \text{ м} \quad (5.6)$$

$$R = \frac{18,38 + 78,53}{2} = 48,45 \text{ м.}$$

где  $R_2$  – второй пояс ЗСО, м;

$R_3$  – третий пояс ЗСО, м.

## 5.5 Расчет границ поясов ЗСО

На основании СанПиН 2.1.4.1110-02 и проектной документации рассчитываем радиусы I, II, III поясов ЗСО водозаборного сооружения из подземных водоисточников, состоящего из 5 рабочих скважин, при следующих гидрогеологических параметрах:

где  $Q$  – суммарный водоотбор на водозаборе – 4939,2 м<sup>3</sup>/сут;  
 $m$  – средняя мощность зоны активной фильтрации водоносного горизонта на участке водозабора – 35 м;  
 $n$  – пористость водовмещающих пород – 0,04;  
 $i$  – уклон подземного потока – 0,004;  
 $K_f$  – коэффициент фильтрации водовмещающих пород – 15 м/сут  
 $q$  – расход естественного потока:

$$q = K_f \cdot m \cdot i = 15 \times 35 \times 0,04 = 21 \text{ м}^2/\text{сут}. \quad (5.4)$$

В данном случае дебит водозабора полностью компенсируется естественным потоком, а речные воды не участвуют в питании водозабора. Расстояние от водозабора до реки  $X_0=400$  м.

Первый пояс ЗСО по исходным данным определяется радиусом 30-50м.

Расчет границ второго пояса основан на методике НИИ ВОДГЕО, расчетное время  $T_m$  (время продвижения микробного заражения) принимаем равное 200 суток, т.к. водоносный горизонт на площадке водозабора напорный, неограниченный пласт и не имеет непосредственной связи с водоемом. Согласно данной методике второй пояс ЗСО рассчитывается как для одиночных скважинтак и для компактных групп взаимодействующих скважин.

Расчет аналитической координаты  $X$  в водораздельной точки:

$$X_B = X_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{Q}{\pi \cdot X_0 \cdot q}} \quad (5.5)$$

где  $X_0$  – расстояние от реки до водозабора;  
 $Q$  – дебит водозабора;  
 $q$  – удельный расход потока подземных вод.

$$X_B = 400 \cdot \sqrt{1 - \frac{4939,2}{3,14 \cdot 21 \cdot 400}} = 399,8.$$

Погрешности отклонения:

$$X_B^1 = \frac{X_B}{X_0} \quad (5.6)$$

$$X_B^1 = \frac{399,8}{400} = 0,99$$

Общий радиус границы второго пояса находим по формуле

$$R_2 = \sqrt{\frac{Q \cdot T_M}{\pi m n}}$$

(5.7)

$$R_2 = \sqrt{\frac{4939,2 \cdot 200}{3,14 \cdot 35 \cdot 0,04}} = 226,1.$$

Погрешность отклонения:

$$T^1 = \frac{q \cdot T_M}{X_0 \cdot m \cdot n}$$

(5.8)

$$T^1 = \frac{21 \cdot 200}{400 \cdot 35 \cdot 0,04} = 7,5.$$

Расстояние вверх по потоку движения подземных вод:

$$R = R_q + \Delta R;$$

(5.9)

$$R = 3000 + 272 = 3272.$$

$$\Delta R = R^1 \cdot X_0;$$

(5.10)

$$\Delta R^1 \text{ равно: } 0,68;$$

$$\Delta R = 0,68 \cdot 400 = 272.$$

$$R_q = \frac{T_M \cdot q}{m \cdot n};$$

(5.11)

$$R_q = \frac{200 \cdot 21}{35 \cdot 0,04} = 3000.$$

где  $R_q$  - расстояние, преодолеваемое частицами воды при движении со скоростью бытового потока  $q$ .

Расстояние вниз по потоку  $r$  определяем по формуле

$$r = r^1 \cdot X_0;$$

(5.12)

значение  $r^1 = 0,6$ ;

$$r = 0,6 \cdot 400 = 240$$

Ширину ЗСО определяем по формуле

$$d = \frac{2 \cdot Q \cdot T_M}{\pi \cdot m \cdot n \cdot L};$$

(5.13)

$$d = \frac{2 \cdot 4939,2 \cdot 200}{3,14 \cdot 35 \cdot 0,04 \cdot 3512} = 127,9.$$

где  $L = R + r$

(5.14)

$$L = R + r = 3512.$$

Общая ширина II пояса ЗСО будет равна:  $2d$ ;

$$2d = 255,8$$

(5.15)

Таким образом, размеры II пояса ЗСО данного водозабора следующие:

общий радиус ( $R_2$ ) = 226,1 м;

вверх по потоку ( $R$ ) = 3272 м;

вниз по потоку ( $r$ ) = 127,9 м;

общая ширина ( $2d$ ) = 255,8 м

Третий пояс ЗСО

Для определения границ ЗСО третьего пояса расчетное время  $T_x$  (время продвижения химического загрязнителя – 25-50 лет (*выражается в сутках*)) принимаем равное периоду эксплуатации водозабора 9125 суток настоящего времени.

В изолированном пласте расчет границы III пояса ЗСО производим по формуле

$$R_3 = \sqrt{\frac{Q \cdot T_x}{\pi \cdot m \cdot n}}; \quad (5.1)$$

б)

$$R_3 = \sqrt{\frac{4939,2 \cdot 9125}{3,14 \cdot 35 \cdot 0,04}} = 1527,16 \text{ км.}$$

## 6 Бестраншейная прокладка трубопровода

Горизонтально направленное бурение (ГНБ) – технология, не требующая прокладки траншей, и обеспечивающая альтернативную прокладку трубопроводов. Она имеет преимущества перед традиционным методом открытой разработки.

ГНБ может осуществляться с небольшими повреждениями поверхности, требует меньше рабочего пространства, осуществляется гораздо быстрее, чем традиционный метод прокладки трубопроводов, отличается высоким качеством и возможностью выполнения работ в местах, где традиционные методы не применимы. Немаловажным фактором остается и экологическая сторона применения подобных технологий.

### **6.1 Технология прокладки**

ГНБ представляет собой сверление небольшого направляющего отверстия с использованием технологии слежения и управления сверлом с поверхности.

Сущность метода состоит в использовании специальных буровых машин, буров, штанг, которые осуществляют предварительное бурение по заранее рассчитанной траектории с последующим расширением скважины и протаскиванием в образующуюся полость трубопровод.

Направляющая скважина располагается от поверхности земли под углом 8-20°, и достигнув необходимой глубины, переходит в горизонтальное положение.

Прокладка трубопроводов по технологии ГНБ осуществляется в два этапа:

- бурение пилотной скважины на заданной проектом территории.
- расширение скважины и протягивание трубопровода.

Бурение пилотной скважины-особо ответственный этап, от которого зависит конечный результат. Осуществляется при помощи породоразрушающего инструмента- буровой головки со скосом в передней части и встроенным датчиком сигнала местонахождения буровой головки. Буровая головка имеет отверстия для подачи специального бурового раствора, который закачивается в скважину и образует суспензию с размельченной породой. Буровой раствор уменьшает трение, предохраняет скважину от обвалов, охлаждает породоразрушающий инструмент, разрушает породу и очищает скважину от ее обломков, вынося их на поверхность. Строительство пилотной скважины завершается выходом буровой головки в заданной проектом точке.

### **6.2 Расширение скважины**

Расширение скважины осуществляется после завершения пилотного бурения. При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и

вместо нее присоединяется риммер-расширитель обратного действия. Приложением тягового усилия с одновременным вращением риммер протягивается через створ скважины и в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину ее диаметр должен на 25-30% превышать максимальный диаметр трубы.

### **6.3 Протягивание трубопровода**

На противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая плеть трубопровода. К переднему концу плети крепится приспособление для протягивания труб с воспринимающим тяговое усилие вертлюгом и риммером. Вертлюг вращается с буровой нитью и риммером, и в тоже время не передает вращательные движения на трубопровод. Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плеть протягиваемого трубопровода по проектной траектории.

Технология ГНБ уникальна тем, что она позволяет изменять при необходимости направления прокладки в любом направлении, огибая на своем пути возможные препятствия.

Если почвы могут вызывать коррозию труб, то требуется защита. Надежной защитой является покрытие трубопровода полиэтиленовым рукавом. Он крепится поперечными нахлестами липкой ленты с расстоянием между собой около 60 см. Чтобы обезопасить полиэтилен в местах соединений, на оба конца соединения труб плотно наматывается пластиковая соединительная лента.

### **6.4 Методы монтажа ГНБ**

Бестраншейная прокладка трубопроводов методом ГНБ выполняется двумя методами:

#### **1) Картриджный метод**

Включает в себя последовательное соединение труб во время прокладки и предпочтительней, когда прямой или изогнутый участок трубопровода ограничен. Данный метод прокладки требует значительно меньше места для прямых участков трубопровода, чем сборочный метод.

#### **2) Метод линейной конструкции**

Метод, представляет собой протягивание через направляющую скважину уже соединенного трубопровода. При использовании этого метода необходимо располагать достаточно большим пространством, которое позволило бы сначала расположить трубы над землей в непосредственной близости от направляющей скважины.



## **6.5 Производство работ по бестраншейной прокладке с применением технологии ГНБ**

Подготовка строительства с применением технологии ГНБ выполняется в соответствии с положением пунктов 5.2.1;5.2.2;5.2.3;5.2.4;5.2.6.1 МГСН 6.01-03.

До начала процесса бурения выполняются следующие операции:

- проводится контроль исправности и работоспособности локальной системы;

- датчики бурильной головки выбираются в соответствии с проектной глубиной бурения и необходимой точностью прокладки трубопровода;

- разрабатываются проекты производства работ, технологические карты и инструкции по применению комплекта бурового оборудования;

- после завершения работ по прокладке трубопровода строительная площадка освобождается от временных сооружений и благоустраивается в соответствии с проектом.

## **6.6 Технология бестраншейной прокладки коммуникаций методом горизонтально-направленного бурения. Проектирование бестраншейной прокладки коммуникаций с применением ГНБ**

При проектировании участков бестраншейной прокладки коммуникаций методом ГНБ оборудование выбирается в зависимости от инженерно-геологических условий данного участка и расчетного внутреннего диаметра проектируемого трубопровода.

Планово-высотные показатели участков бестраншейной прокладки коммуникаций назначаются исходя из положений общего проекта этих коммуникаций. Глубина заложения труб из ПНДдиаметрами 100-300 мм лимитируется минимальным расстоянием от поверхности до свода скважины прокладываемого трубопровода в устойчивых грунтах не менее двух диаметров скважины, в неустойчивых грунтах-н не менее трех диаметров скважины. Максимальная глубина заложения труб составляет 20 м. Расстояние между стартовой и приемной шахтами назначается до 300 м.

В продольном профиле положение участка бестраншейной прокладки по величине и направлению уклона не лимитируется и назначается по общему проекту.

Характеристики труб, используемых при бестраншейной прокладке трубопроводов, приведены в ТУ 146-037-50254094-2004 и СП 40-109-2006.

Последовательность прокладки трубопроводов из ПНДдиаметрами 100-300 мм приведена выше.

При выполнении расчетов труб на прочность следует принимать давление вышележащего слоя грунта с учетом сводообразования, временную подвижную нагрузку, собственную массу труб и транспортируемой

жидкости ,давления транспортируемой жидкости, а также физико-механические характеристики грунтов в зоне трубопровода.

Расчеты на прочность труб ВЧШГ следует выполнять в соответствии со СП 40-109-2006.

Стартовые и приемные шахты рекомендуется размещать в местах, свободных от застройки, от зеленых насаждений и подземных коммуникаций. Стартовая шахта оборудуется грузоподъемными устройствами для доставки элементов трубопровода.

Глубина стартовой шахты назначается с учетом расстояния от оси трубопровода до днища шахты. Конструкция крепи стартовой шахты в проекте должна рассчитываться на восприятие горного и гидростатического давления. В случае недостаточной несущей способности грунта в проекте необходимо предусматривать специальные способы производства работ. На свободных территориях рекомендуется проектировать стартовый котлован прямоугольного очертания с целью возможного увеличения длины монтажных секций трубопровода. В стесненных условиях и при глубине шахты более 10 м, как правило, принимают круговое очертание с минимально возможными размерами.

В зависимости от инженерно-геологических изысканий и градостроительных условий , глубины заложения, применяемого оборудования, формы и размеров сечения шахт в проекте определяется способ их сооружения. Допускаются различные способы сооружения стартовых и приемных шахт:

- опускной колодец, в том числе с использованием тиксотропной рубашки;
- стена в грунте;
- буросекущие сваи;
- забивное шпунтовое ограждение;
- забивная деревянная крепь с использованием инвентарных швеллерных колец и рамного крепления;
- котлованы с откосами с креплением торцевых стен.

## 6.7 Расчет бестраншейной прокладки методом ГНБ

Определяем вертикальное и боковое давление грунта на жесткую трубу из ПНД с наружным диаметром  $D_H=21$  см ,укладываемую методом ГНБ на большой глубине в песчаном грунте.

Объемный вес грунта  $\gamma=17$  кН/м и угол внутреннего трения  $\varphi = 30^\circ$ .

Расчетный пролет разгружающего свода

$$B = D_H \left[ 1 + tg^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] = 21 \cdot 2,15 = 0,5 \text{ м.}$$

(8.1)

Высота разгружающего свода при коэффициенте прочности  $f=0,6$  по формуле

$$h_{св} = \frac{B}{2 \cdot f} = \frac{0,5}{2 \cdot 0,6} = 0,42 \text{ м.} \quad (8.2)$$

Расчетная сила вертикального давления на трубу с коэффициентом перегрузке  $n=1,5$ .

$$J_B = n \cdot g_B \cdot D_H = n \cdot h_{св} \cdot \gamma \cdot D_H = \frac{n \cdot \gamma \cdot D_H^2}{2 \cdot f} \left[ 1 + tg \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] =$$

$$= 1,5 \cdot 0,42 \cdot 1,7 \cdot 0,32 = 0,34 \text{ м} \quad = \quad 3,4 \quad \text{кН} \quad / \quad \text{м} \quad (8.3)$$

Расчетное боковое давление с коэффициентом перегрузки  $n_2=0,8$

$$J_B = n_2 \cdot q_B \cdot \gamma_{гр} \cdot D_H \cdot \left( h_{св} + \frac{D_H}{2} \right) \cdot tg^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) =$$

$$= 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,325 \cdot \left( 0,42 + \frac{0,325}{2} \right) tg^2 (45^\circ - 15^\circ) =$$

$$= 0,8 \cdot 1,7 \cdot 0,325 \cdot (0,42 + 0,162) \cdot 0,25 = 0,13 \text{ м} \quad / \quad \text{м} = 1,3 \quad \text{кН} \quad / \quad \text{м} \quad (8.4)$$

Величина  $J_B$  значительно меньше, чем  $J_B$  и его можно не учитывать при расчетах.

Величины  $J_B$  для труб диаметрами 300 мм в грунтах Г-1 и Г-2 на глубине  $H=3,0$  м составляют 18,4 кН/м. Значения  $Q$  для труб диаметрами 100-300 мм и коэффициентов запаса прочности приведены в табл. 4.3-4.7. СП 40-109-2006. Соотношение  $Q$  и  $J_B$  для труб диаметром 300 мм для глубины 3,0 м равно  $18,5/3,4=5,4$ . Для труб диаметром 100-300 мм это соотношение лежит в пределах 1,5-3,3.

Таким образом, при прокладке труб из ПНД диаметром 100-300 мм методом ГНБ нагрузка от грунта на трубы в 2-5 раз меньше, чем при прокладке в траншее с обратной засыпкой. Из табл. 4.3-4.7 СП 40-109-2006 видно, что коэффициенты запаса прочности на внешнюю нагрузку для труб диаметром 100-300 мм на глубине 3,0 м лежат в пределах 1,4-3,0.

Для песчаного грунта  $f=1,0$ ,  $\varphi=30^\circ$ ,  $B=21,0(1+0,08)=22,8 \text{ см}$ ,  
 $h_{св} = 11,4 \text{ см}$ .

Расчет давления грунта для всех категорий грунта возможен при  $h_{св} > 70 \text{ см}$ . Допустимое внутреннее давление для труб диаметром 100-300 мм при нагрузках от грунта и транспорта при  $H=3,0$  м и по СП 40-109-2006

лежит в пределах 30,0-8,0 Мпа. Коэффициенты запаса прочности при такой нагрузке и при  $P_{\text{раб}} = 1,6$  Мпа лежат в пределах 18,0-5,0.

При укладке труб методом ГНБ коэффициенты запаса прочности возрастут как минимум в 3-4 раза.

Эти расчеты показали, что давление грунта на трубу, уложенную методом ГНБ намного меньше, чем на трубу, уложенную в траншее или насыпи.

Следует отметить, что полученные расчетные данные для труб диаметрами 100-300 мм справедливы также для труб диаметрами 1000 мм и выше.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предложенные технические решения по модернизации водозаборного сооружения и схемы водоподготовки с высоким эффектом умягчения и обезжелезивания воды подземного источника являются экономически обоснованными и экологически целесообразными

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*».

2 СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий»

3 Федеральный закон от 9 декабря 2016 года «О федеральном бюджете на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов».

4 СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*.

5 Водный кодекс Российской Федерации (редакция, действующая с 31 октября 2016 года) № 74-ФЗ.

6 РДАПК 1.10.05.04-13 «Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий»

7 ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России, 2003.

8 СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».

9 Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства".

10 ВНТП-Н-97 «Нормы расходов воды потребителей систем сельскохозяйственного водоснабжения».

11 Федеральный закон от 22 июня 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

12 О внесении изменений в Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изменениями на 13 июля 2015 года).

13 СанПиН 2.1.4.1110 – 02 «Зоны санитарной охраны источника водоснабжения и водопроводов питьевого назначения».

14 <http://ru.grundfos.com/>

15 <http://www.emelyanovo24.ru/>

16 <http://птицефабриказаря.рф/>

17 Курганов А.М. «Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения»: Учебное пособие. М.: Издательство «АСВ», 1998 г., 246 с.

18 Б.Н. Репин «Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник». – М.: Высш. Шк., 1995. – 431 с.

19 Н.Н. Абрамов «Водоснабжение». – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.

20 Журба М.Г «Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений»: В 3-х т. – Т 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения. Вологда-Москва: ВоГТУ, 2001. - 209 с.

21 А.С. Москвитина «Оборудование водопроводно-канализационных сооружений» – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.

22 В.Ф. Кожин «Очистка питьевой и технической воды». М., Стройиздат, 1971. 304 с.

23 Журба М.Г «Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений»: В 3-х т. – Т 2. Очистка и кондиционирование природных вод. Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001. – 324 с.

24 А.А. Александров «Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации». Справочник монтажника. – М.: Стройиздат, 1998. – 576 с.

25 С.М.Шифрин «Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации, газоснабжения». – Л.: Стройиздат, - 1976. – 385 с.

26 Г.М. Басс «Водоснабжение. Техничко-экономические расчеты».– Киев.: Издательское объединение «Высшая школа», 1977. – 152 с.

27 Фрог Б.Н., Левченко А.П. «Водоподготовка»: Учебное пособие для вузов. М.: Издательство МГУ, 1996 г., 680 с.

28 С.Е.Беликов «Водоподготовка»: справочник/Под. ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е.Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. - 240с.

29 Н.А. Плотников, В.С. Алексеев «Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод». – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.

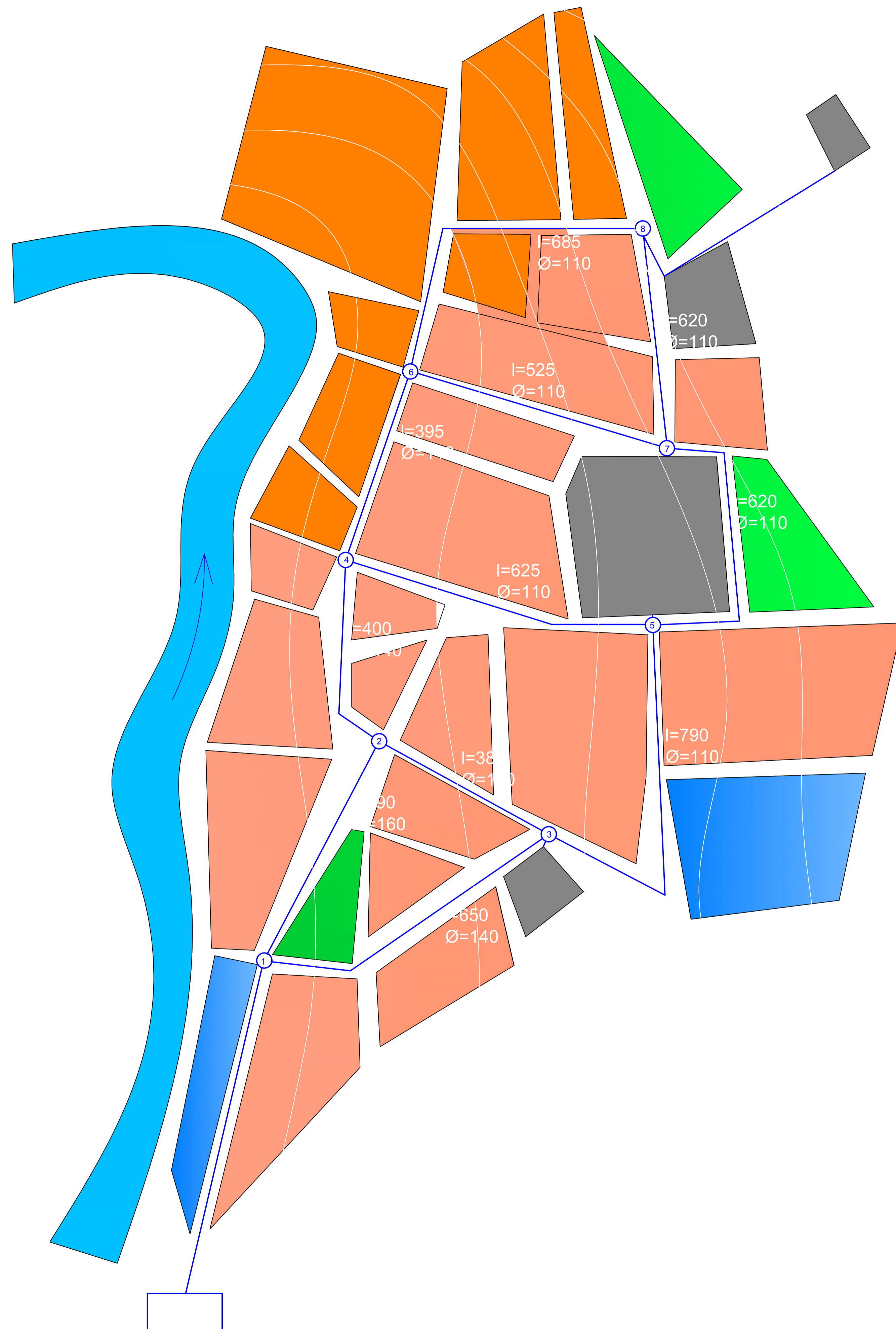
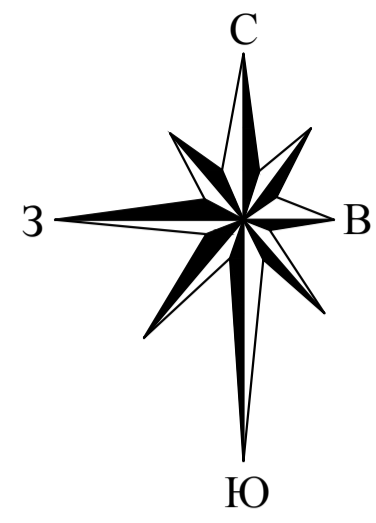
30 М.А Сомов «Водопроводные системы и сооружение». – М.: Стройиздат, 1988. - 399 с.

31 А.И Матюшенко «Водозаборы подземных вод»: – Красноярск, ИПЦ КГТУ, 2005. – 2



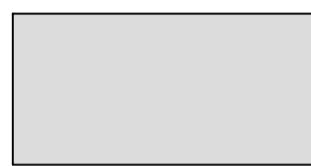








1:5000

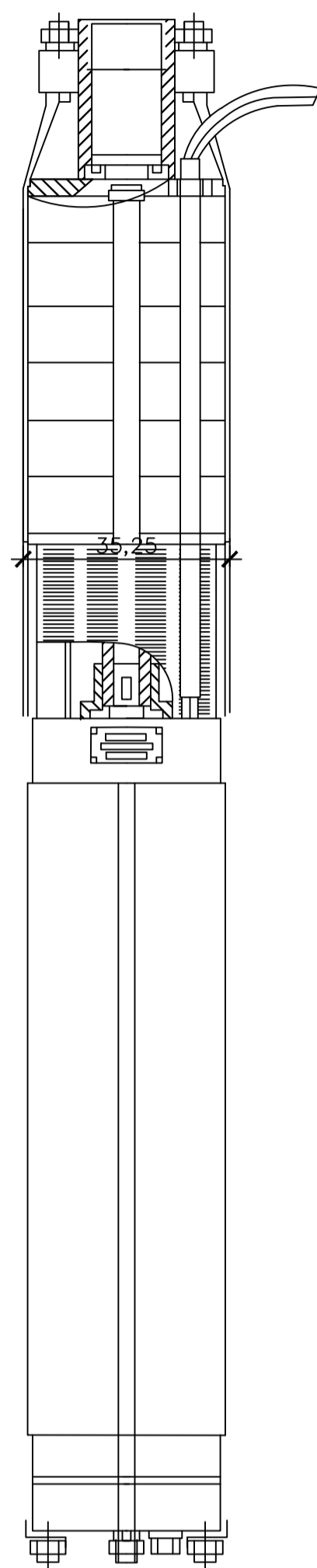


### Условные обозначения

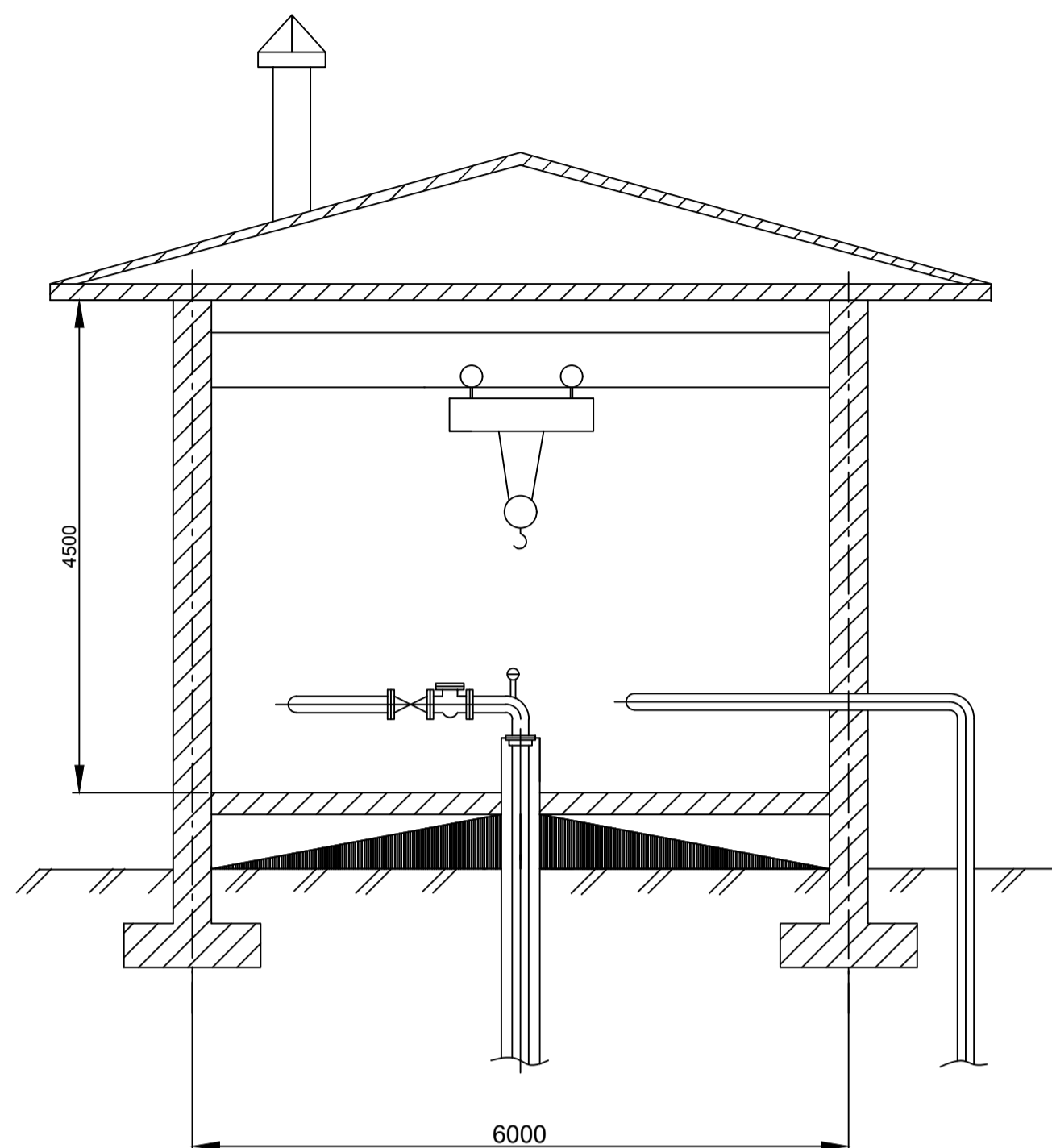
-  Жилая усадебная застройка
-  Малоэтажная застройка
-  Производственная и промышленная застройка
-  Инженерно-технические сооружения
-  Озелененные территории общего пользования
-  Водозаборное сооружение
-  Сеть водоснабжения

					БР - 08.03.01.06 - 2017				
					Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Колуч.	Лист	Рядок	Подпись	Дата	Водоснабжение малых населенных пунктов Бирюльского района п. Светлый	Стадия	Лист	Листов
Разработал Шолов М. В.									
Руководит Дубровская									
Н. контр Дубровская								Генплан	
Зав. каф. Сакаш Г. В.								Кафедра ИСЗиС	

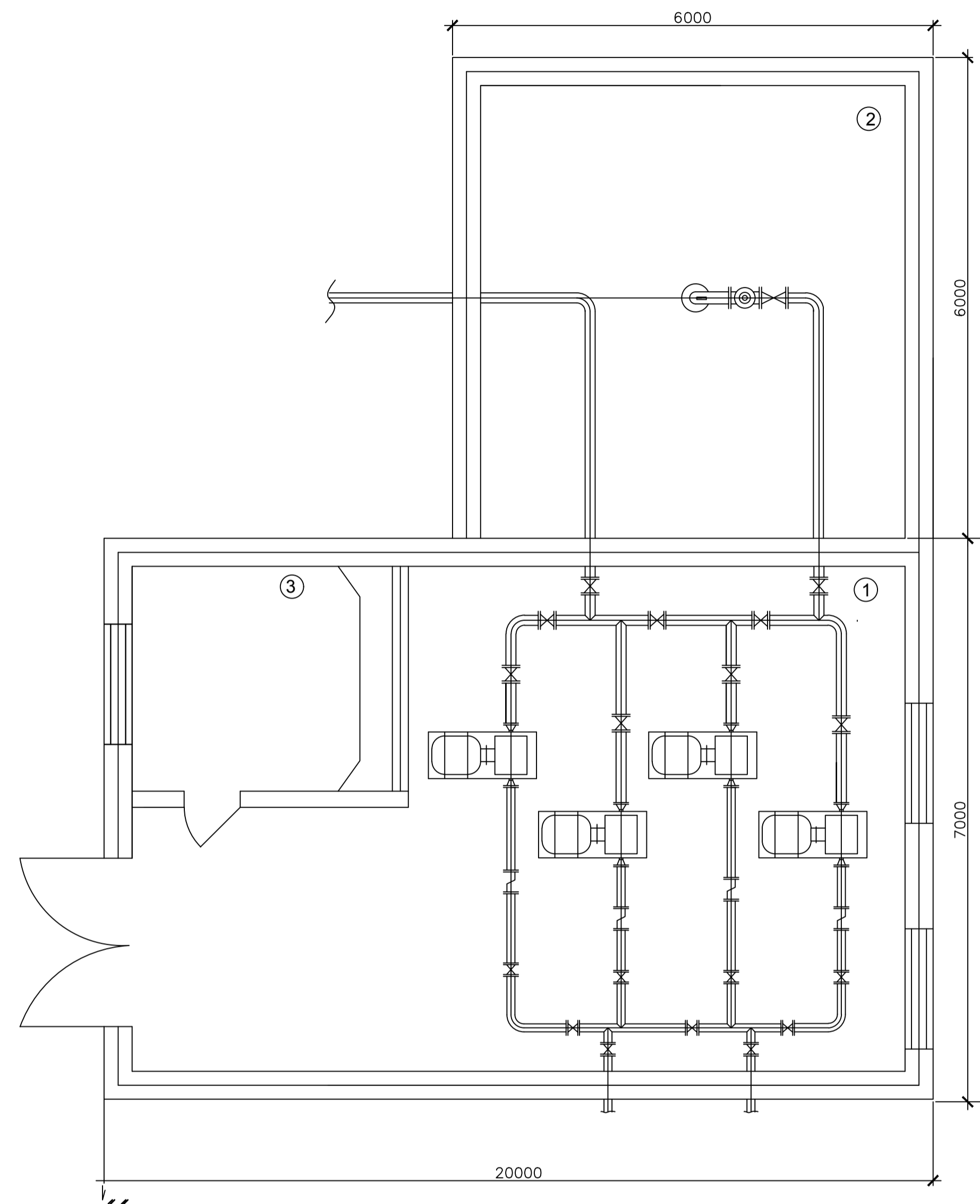
# Насос 2ЭЦВ10-120-100



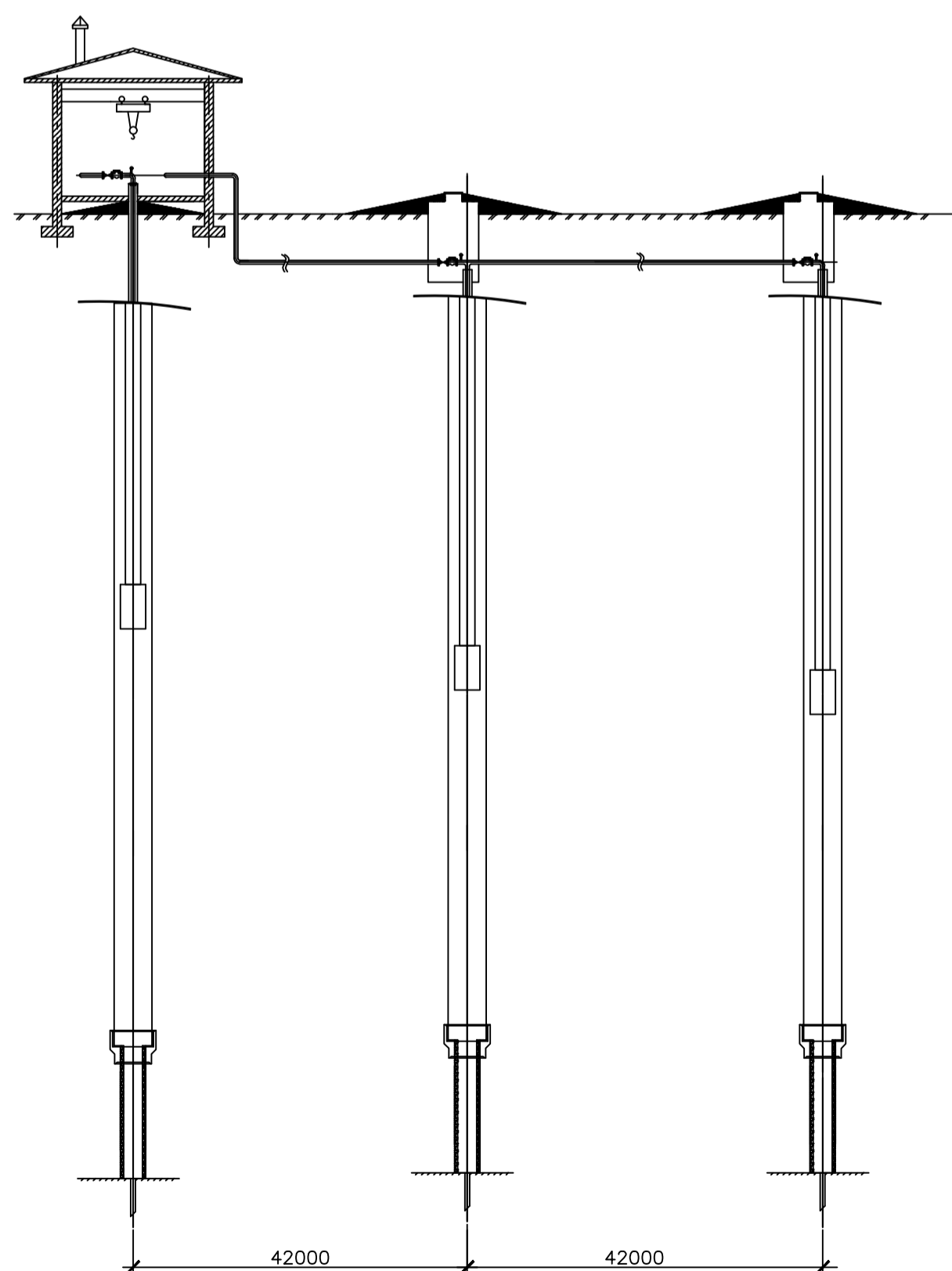
# Конструкция павильона М 1:50



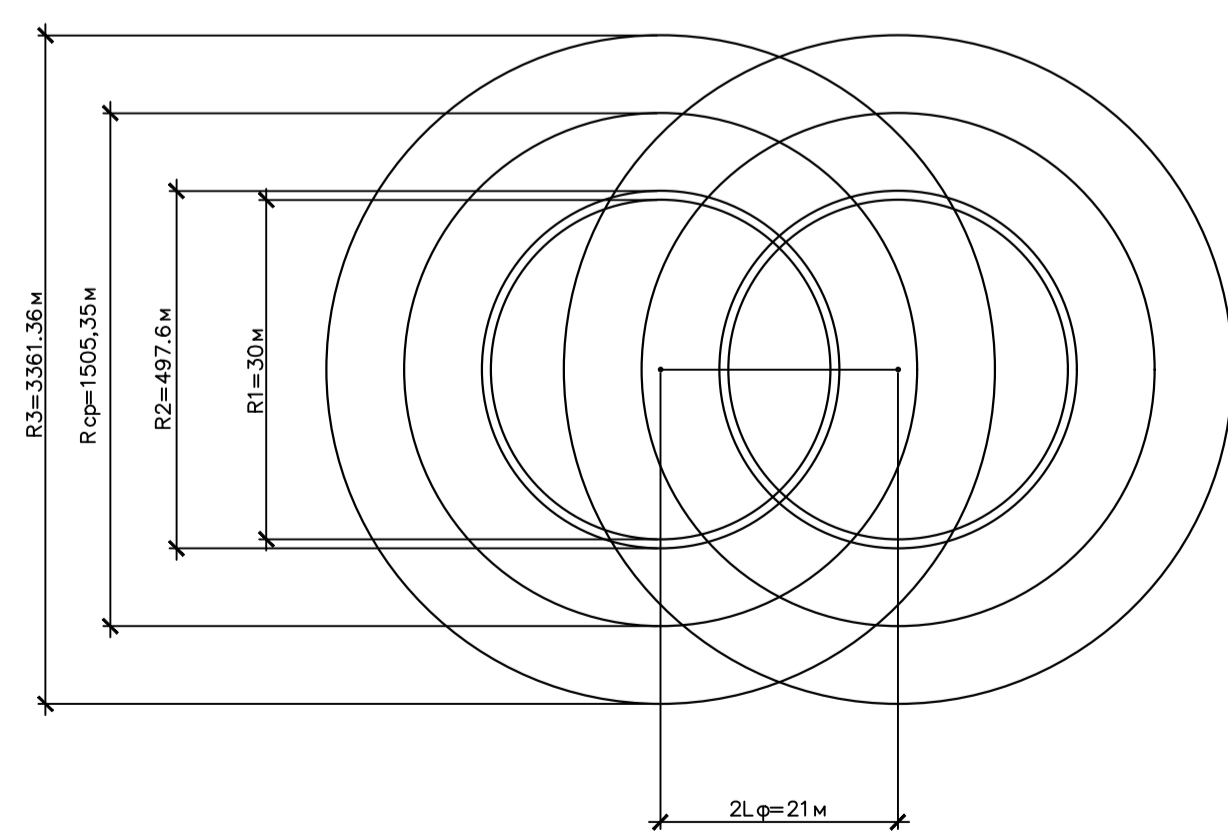
# План насосной станции II подъёма



# Профиль водозаборного сооружения Мв 1:200 Мг 1:50



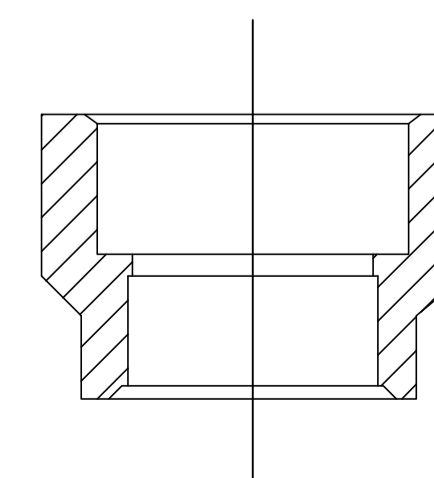
# Зоны санитарной охраны М 1:100



# Экспликация помещений

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

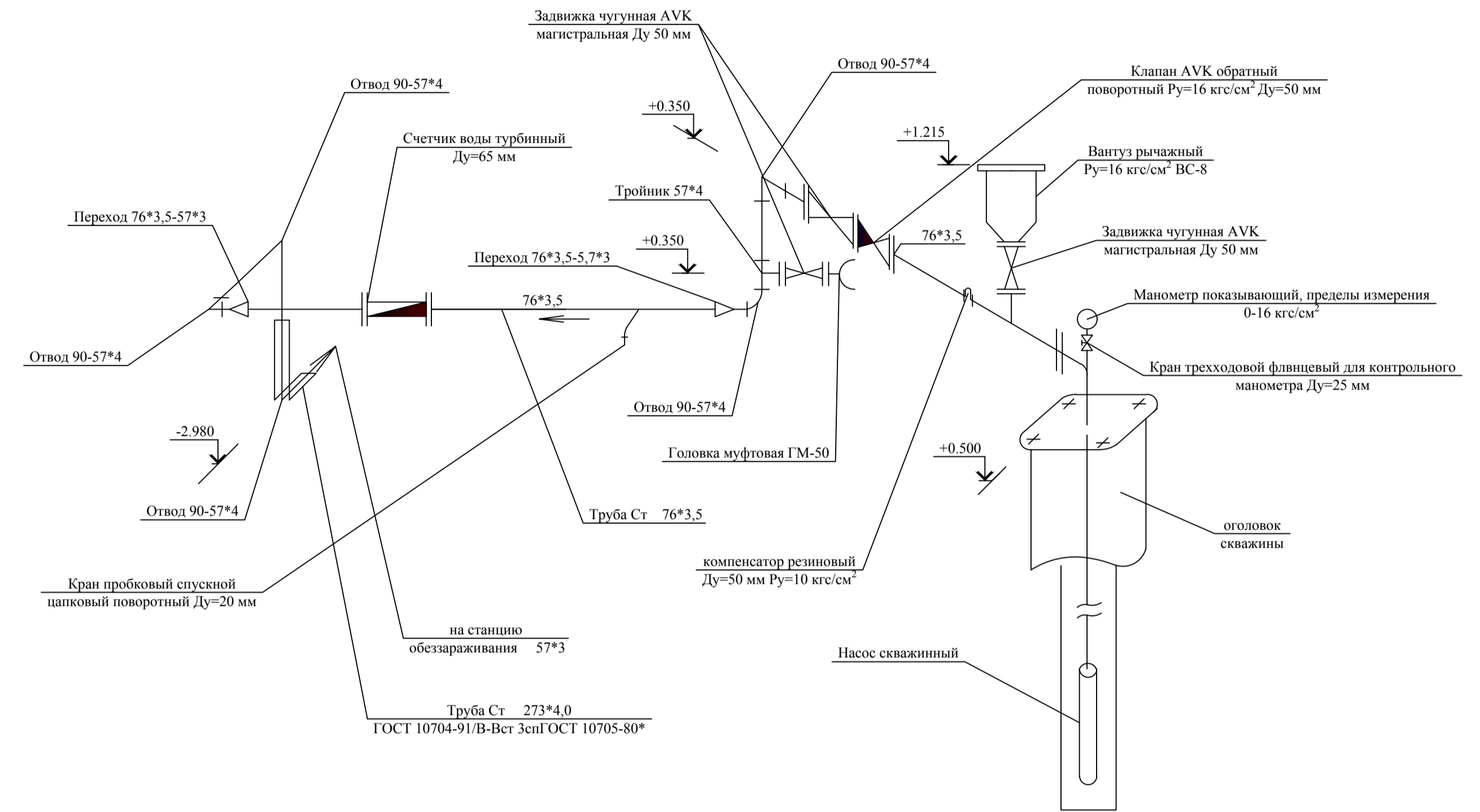
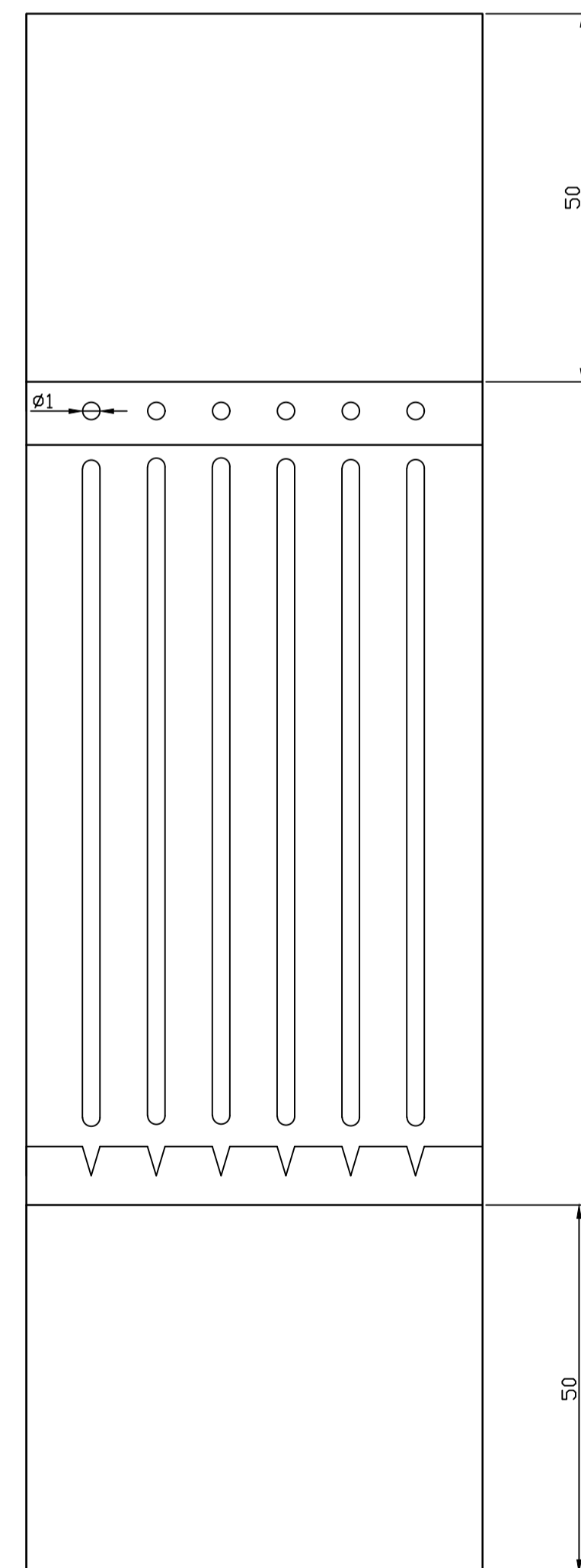
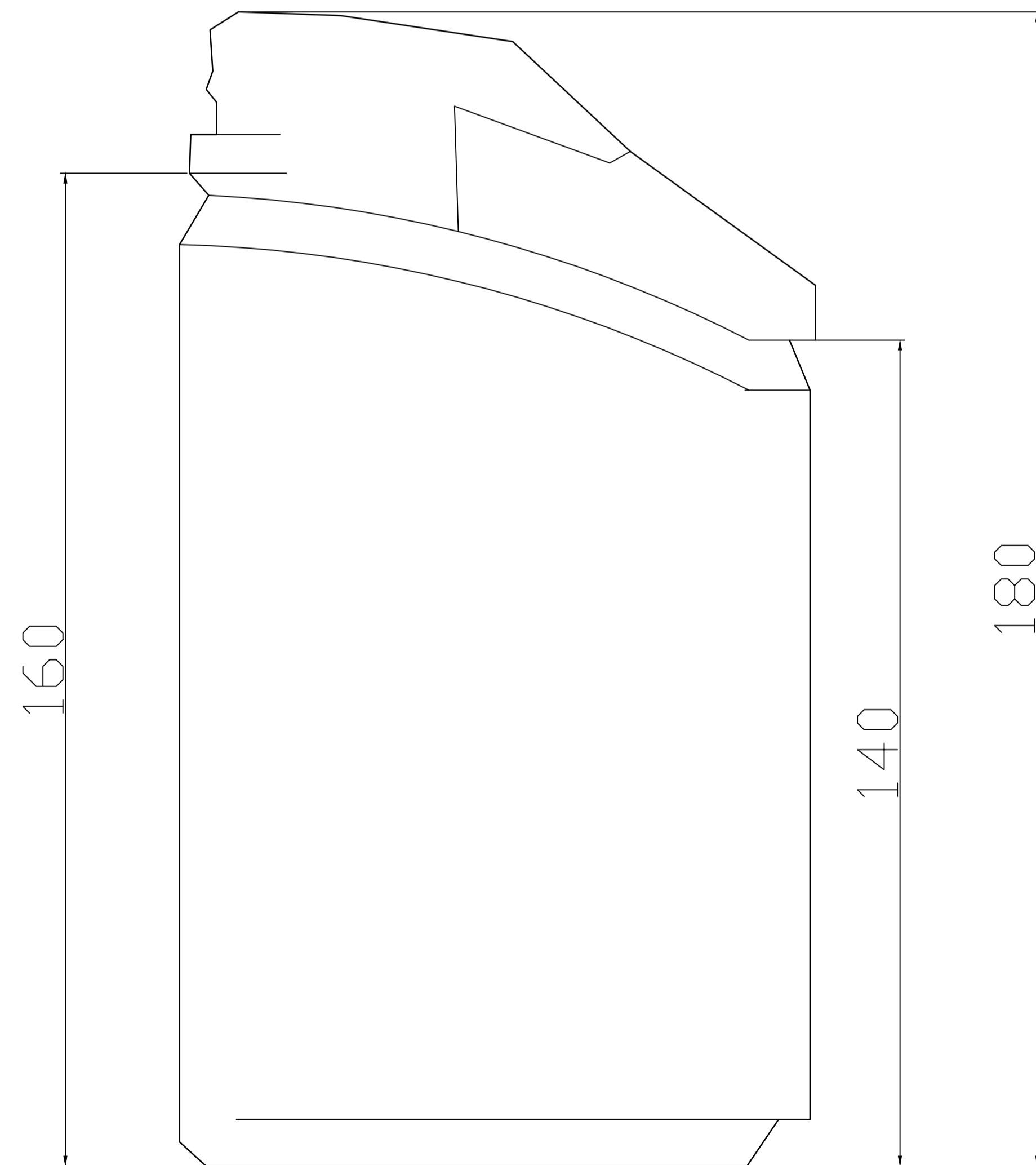
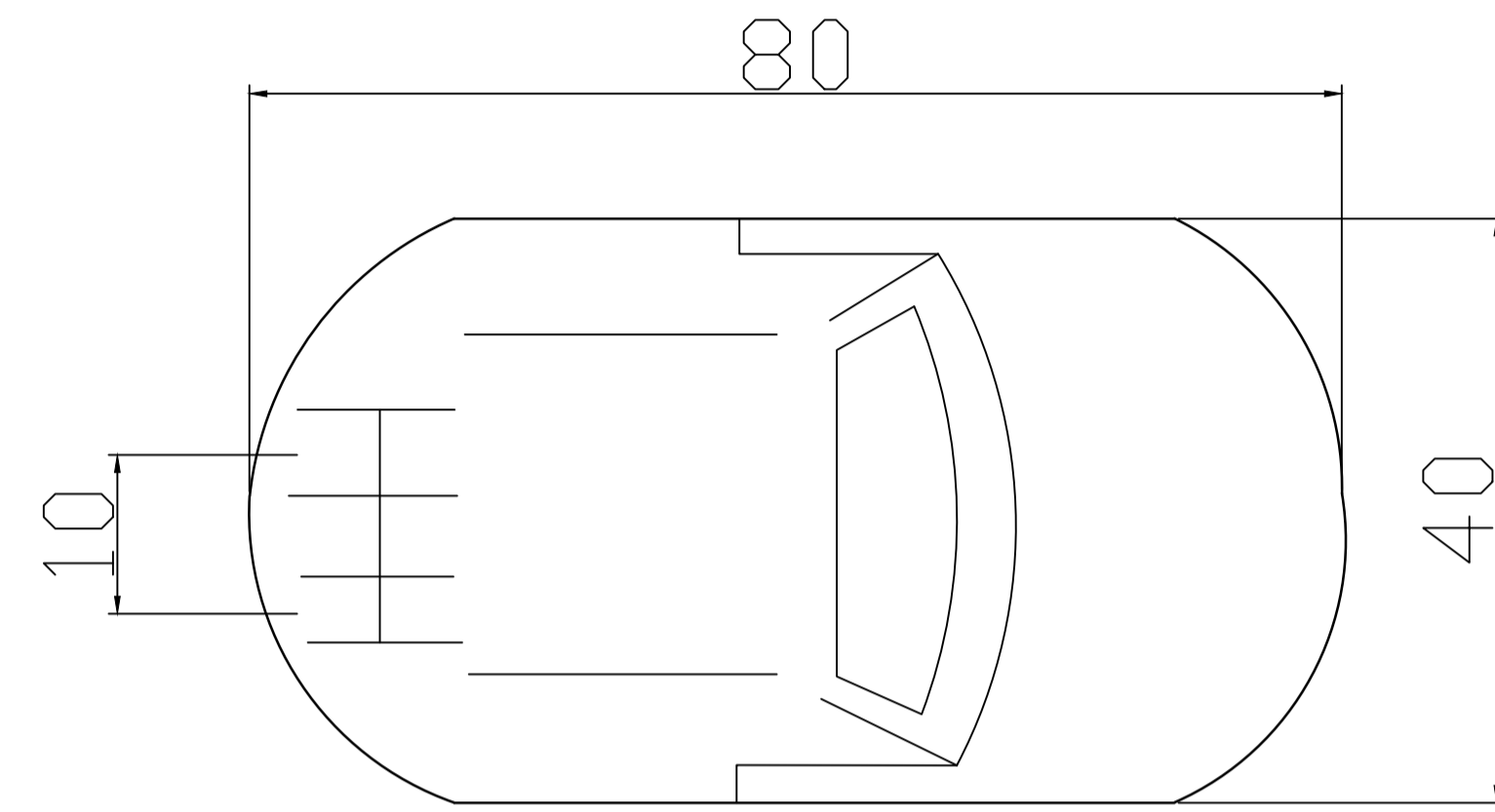
# Переходная муфта



						БР-08.03.01.06-2017			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Водоснабжение малых населенных пунктов Бирюльского района п. Светлый	Стadia	Лист	Листов
Разработал	А. Шолов М.Ю.								
Руководит	Дудровская								
Консульт.						Конструкция павильона, план насосной станции II подъема, насос, профиль водозаборного сооружения, зоны санитарной охраны	Кафедра ИСЭИС		
Н. контр	Дудровская								
Заф. каф.	Сакаш Г. В.								



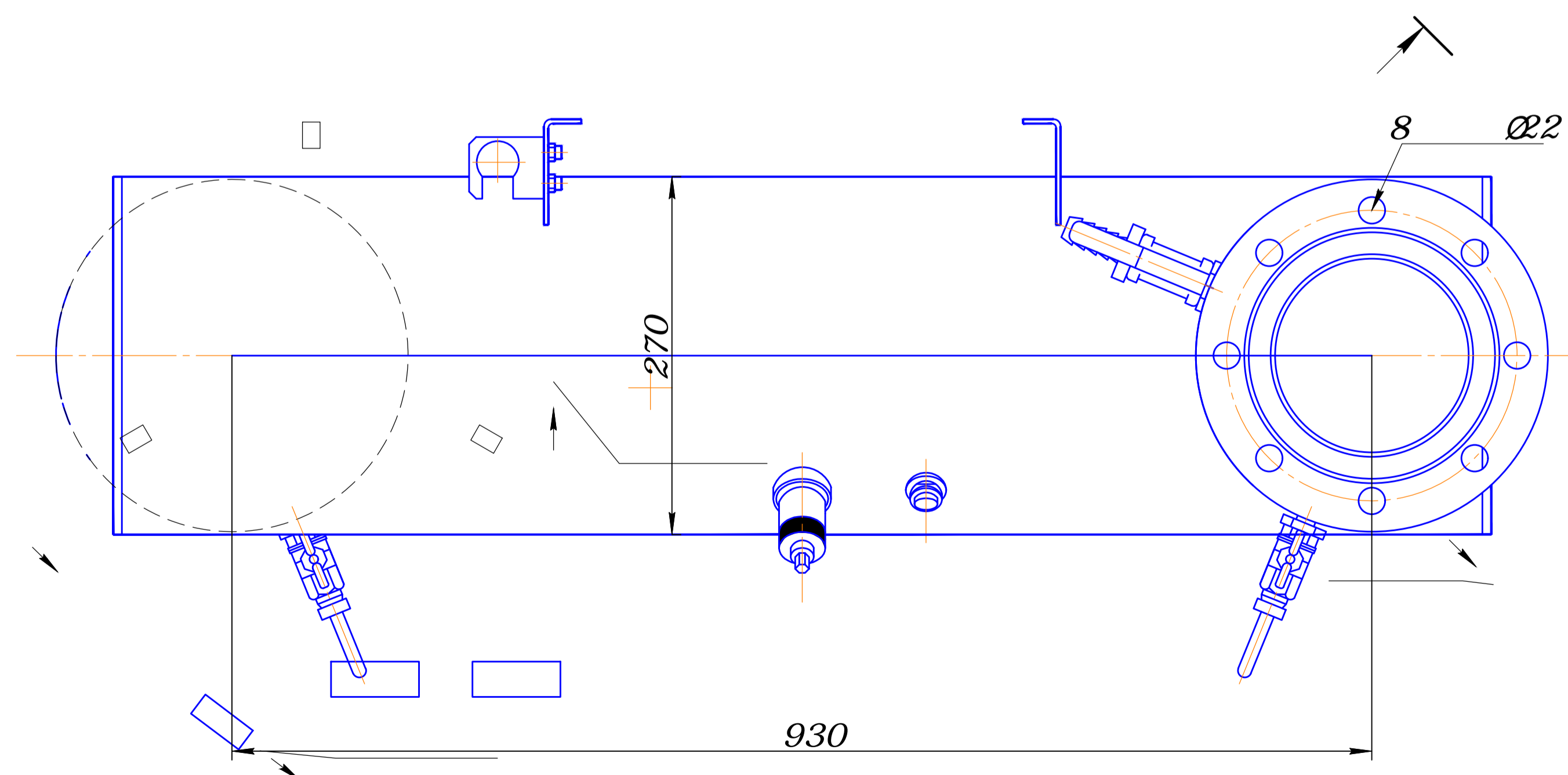
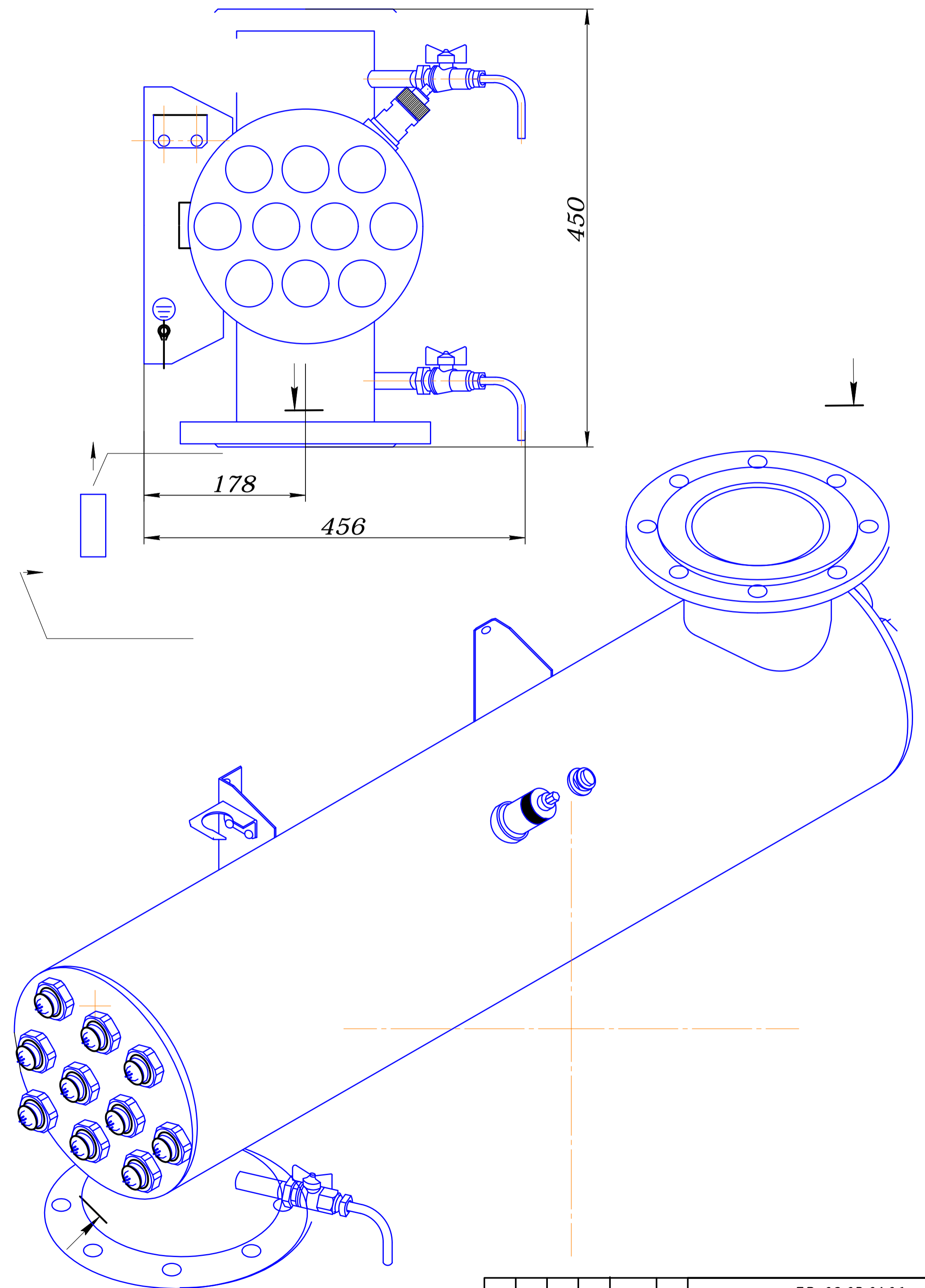
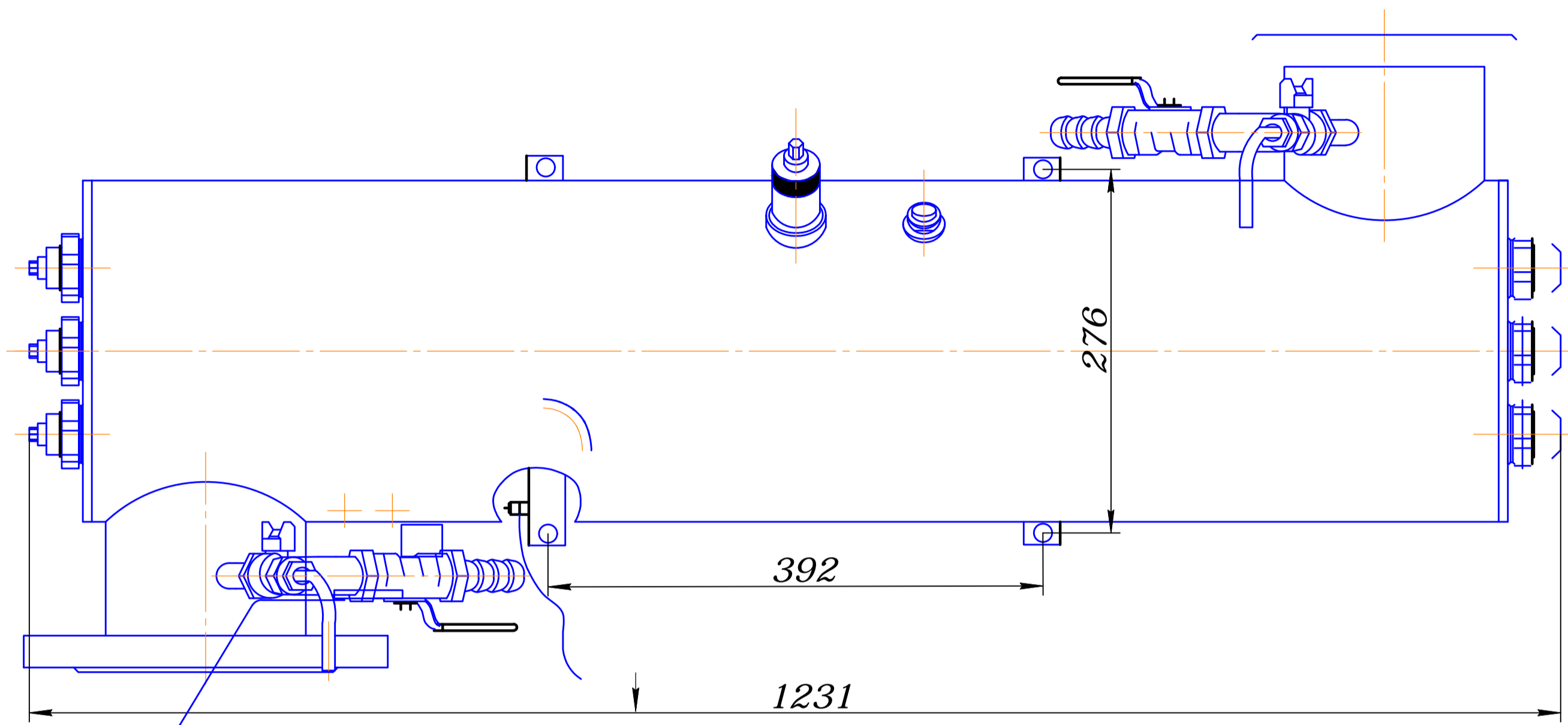
## Рефайнер, аксанометрия оголовка



							ДП - 270112.65 - 0802564.Р0		
							Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
Разработал	Бельский А.А.					Водоснабжение малых населенных пунктов Бирюльского района с.Новобирюльскы	Стадия	Лист	
Руководит	Дубровская							Листов	
Консульт	Дубровская								
Н. контр	Турешева					Рефайнер, оголовок		Кафедра ИСЭиС	
Заф. каф.	Емельянов								

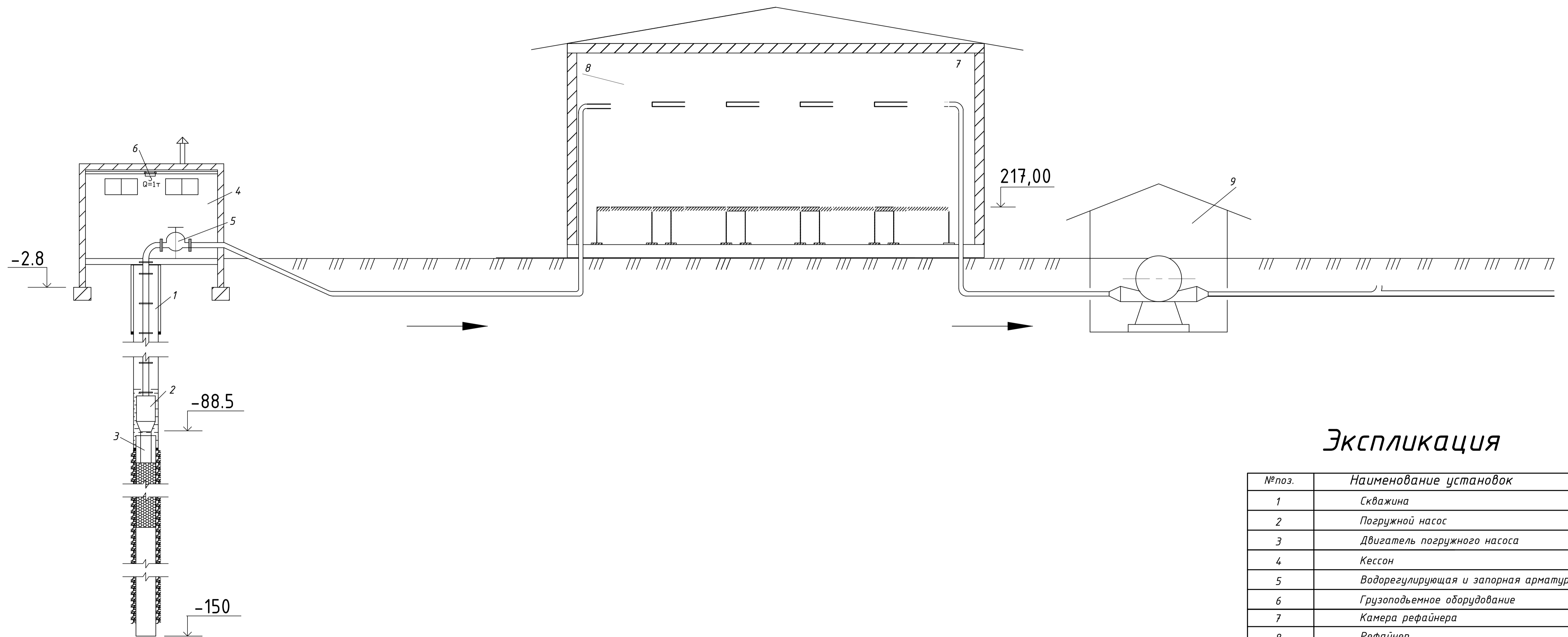


# Установка для обеззараживания воды бактерицидными лучами



БР 08.03.01.06 - 2017					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал	Шилд Н. Ю.				
Руководит.	Дубровская				
Консульт.					
Н. контр.	Дубровская				
Заф. каф.	Сакаш Г. В.				
Водоснабжение малых населенных пунктов Бирюльского района с.Новомирлессы				Стадия	Лист
Установка для обеззараживания воды бактерицидными лучами					Листов
				Кафедра ИСЗиС	

# Технологическая схема очистки воды



## Экспликация

№ паз.	Наименование установок
1	Скважина
2	Погружной насос
3	Двигатель погружного насоса
4	Кессон
5	Водорегулирующая и запорная арматура
6	Грузоподъемное оборудование
7	Камера рефайнера
8	Рефайнер
9	НС - 2

						БР 08.03.01.06 - 2017			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Водоснабжение малых населенных пунктов Бирюльинского района с.Нововирильмесы	Стадия	Лист	Листов
Разработал	Шилов М. Ю.								
Руководит.	Цуровская								
Консульт.									
Н. контр	Цуровская					Технологическая схема очистки воды	Кафедра ИСЗиС		
Заф. каф.	Саканш Г. В.								