

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ / Д.В. Ульрих /

«_____» _____ 2021 г.

Проект водоснабжения тепличного хозяйства в п.Горный

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 08.03.01.2021.305-04.084 ПЗ ВКР

Консультанты:

Технология строит. пр-ва.

_____ /А. А. Мельник/

«_____» _____ 2021 г.

Руководитель проекта, профессор

_____ /Е. В. Николаенко /

«_____» _____ 2021 г.

Автор проекта

студент группы АС–421

_____ /К. Э. Кордо-Сысоев /

«_____» _____ 2021 г.

Нормоконтролер, доцент

_____ /К. И. Чучелов /

«_____» _____ 2021 г.

Челябинск 2021

АННОТАЦИЯ

Кордо-Сысоев К.Э. Проект водоснабжения тепличного хозяйства в п. Горный. – Челябинск: ЮУрГУ, АСИ; 2021, 75 с. 5 ил., 13 табл., библиогр. список – 20 наим.

В выпускной квалификационной работе разработана система водоснабжения в п. Горный.

В пояснительной записке приведены характеристики запроектированной системы водоснабжения, представлены основные расчеты по потребителям, подобрано оборудование для систем водоснабжения. Так же рассмотрены технология и организация производства работ по прокладке водопроводных сетей до места врезки в существующую сеть.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04 084 ПЗ ВКР						
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>							
<i>Разраб.</i>	Кордо-Сысоев				Проект водоснабжения тепличного хозяйства в п. Горный			<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		
<i>Провер.</i>	Николаенко							3	75		
<i>Реценз.</i>								ЮУрГУ Кафедра ГИСС			
<i>Н. Контр.</i>	Чучелов К.И.										
<i>Утверд.</i>	Николаенко										

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДСТВА АГРОКОМПЛЕКСА ...	7
1.1	Характеристика технологического процесса	7
1.2	Требования по водоснабжению проектируемого объекта	13
1.3	Характеристика источника водоснабжения	14
2	СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ	17
2.1	Требования к качеству воды агрокомплексов	17
2.2	Материал труб и арматуры, используемых для систем водоснабжения агрокомплексов	17
2.3	Основные технологии очистки воды от металлов	18
2.4	Основные методы умягчения воды	23
2.5	Методы обеззараживания воды	31
3	ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ АГРОКОМПЛЕКСА	44
3.1	Выбор схемы водоснабжения агрокомплекса	44
3.2	Расчет и подбор оборудования	46
3.3	Гидравлический расчет трубопроводов	54
4	ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	63
4.1	Общие сведения	63
4.1	Определение параметров траншеи	67
4.2	Подсчет объемов земляных работ	68
4.3	Подсчет объемов монтажных работ	70
4.4	Подбор машин для производства работ	71
4.5	Определение трудоемкостей работ	72
4.6	Расчет графика производства работ	73
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	76

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Так как сельскохозяйственная отрасль является стратегически важной для развития экономики страны, то при строительстве и модернизации объектов данной отрасли используются современные достижения науки и инновационные технологии.

Вода на территории ООО Агрокомплекс «Горный» используется для технологических и хозяйственно-питьевых нужд.

Вода для технических нужд используется на:

- поливку рассадного комплекса;
- поливку теплиц для выращивания огурцов;
- промывку фильтров;
- питание системы испарительного охлаждения и доувлажнения для теплиц;
- мытье полов в соединительных коридорах, центральных дорожках, технологической зоне;
- промывку оборудования и помещений.

Вода для хозяйственно-питьевых нужд используется на:

- душевые цели;
- приготовление пищи в столовой;
- санитарно-технические нужды;
- прочее.

При создании проекта водоснабжения данного комплекса использовались общепринятые нормативно-правовые документы в области проектирования.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДСТВА АГРОКОМПЛЕКСА

1.1 Характеристика технологического процесса

ООО Агрокомплекс «Горный» - это тепличный комплекс, планирующийся для построения в городе Усть-Катав Челябинской области. Данный комплекс будет являться дополнением к уже существующему тепличному комбинату по выращиванию овощей и листовой зелени в закрытом грунте.

Общая площадь агрокомплекса «Горный» составит 12,50 га. На новом круглогодичном производстве будет задействовано 350 работников.

Для выращивания рассады овощных культур будет использован специализированный многофункциональный рассадный комплекс. Именно здесь круглый год в промышленных масштабах будет выращиваться рассада овощных культур — несколько сортов томатов и огурцов, редис, перец, баклажаны, а также зеленные культуры — салат, петрушку, укроп, базилик, рукколу, щавель, сельдерей, кинзу, мяту и шпинат.

Рассаду томатов и огурцов, а также зеленные культуры и редис будут выращиваться в многоячеечных кассетах, которые будут заполнены торфяной смесью, обогащенной перлитом. Выбор был остановлен на данном способе, поскольку наполнение кассет и высев семян можно механизировать — этим будет заниматься специальный аппарат. Механизация процесса позволяет экономить время и средства. Помимо этого, кассетное выращивание дает возможность контролировать рост и обеспечивать растений наиболее благоприятными условиями развития при сравнительно несложном уходе.

Этот метод позволяет легко управлять растениями, переставляя, добавляя или удаляя их при необходимости, не затрагивая окружающие культуры.

В рассадном комплексе будет использован метод гидропоники на минераловатных кубах различных размеров. Поливаем растения способом прилив-

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

отлив. Технология прилив-отлив, также известная как подтопление, – одна из широко признанных систем гидропоники.

Как и в иных гидропонных системах, концепция прилив-отлив очень проста: растения в специальных горшочках с торфом устанавливаются в поддон на подвижные стеллажи. Несколько раз в час компьютер подает питательный раствор к каждому горшочку. В паузах между поливами корни растений дышат. В итоге, значительно увеличивается скорость роста.

Для выращивания томатов, огурцов и зелени будут использованы технологии интерплантинга – это технология совместного выращивания старых и молодых растений в одной теплице. К старым растениям подсаживаются молодые растения, стараясь при этом не повредить корневую систему старых растений. Посредством интерплантинга возможно сведение к минимуму перерыва в отдаче урожая старых и молодых растений за счет их временного, в течение трех – четырех недель совместного выращивания. Когда молодые растения вступают в фазу активного плодоношения, старые растения вырезаются. Благодаря интерплантингу, возможно значительно увеличили урожайности культур.

В агрокомплексе «Горный» будет использоваться два метода интерплантинга, применяемые ранее в агрокомплексе «Чурилово», – подсаживание огурцов к огурцам и томатов к огурцам. Так, в качестве примера, в агрокомплексе «Чурилово» благодаря второму способу, который был опробован в этом году, в течение месяца, пока подрастала рассада томатов, было получено дополнительно по 10 кг огурцов с квадратного метра (стандартный урожай – 12–16 кг с 1 м²). То есть, с каждого 1 га теплицы — дополнительно 100 тонн продукции в месяц. Если же не использовать эту технологию, то теплица во время роста рассады томатов не давала бы урожая вовсе.

В агрокомплексе «Горный» томаты и огурцы будут выращиваться способом малообъемной гидропоники — это современная технология, в которой почва заменена на минераловатный субстрат. Она интересна тем, что

позволяет полностью отказаться от использования химикатов, рационально использовать воду для полива и трудовые ресурсы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Минераловатный субстрат – это экологически чистый, твердый заменитель почвы. Он стерилен, защищен от заражений, в нем нет вредителей и сорняков. Такой грунт не нужно вскапывать, рыхлить, пропалывать. Самостоятельные блоки субстрата размещены на подвесных металлических лотках. Растения в таких лотках поливают методом капельного орошения.

При малообъемной гидропонике не требуется высококачественная природная почва. Поэтому отпадает необходимость в периодическом трудоемком и дорогостоящем восстановлении или замене почвы в теплицах, её дезинфицировании.

При малообъемной гидропонике появляется возможность полностью контролировать процесс выращивания растений, точно управляя их питанием. Их корни никогда не страдают от пересыхания или недостатка кислорода при переувлажнении. Нет проблемы недостатка удобрений или их передозировки. Получая все нужные вещества, томаты и огурцы растут под контролем быстрее, чем в почве. Урожайность овощей значительно увеличивается, а трудоемкость процесса их выращивания снижается на 30 % в сравнении с обычными способами выращивания.

Для смачивания субстратов питательным раствором в агрокомплексе

«Горный» будет применяться капельное орошение. Это нормированная подача питательного раствора по капельным трубкам непосредственно в зону питания каждого растения. Так растение получает сбалансированный рацион питательных веществ в нужном количестве и точных пропорциях. Идеальное соблюдение технологии будет контролироваться с помощью компьютеров. Все это дает возможность в два и более раз увеличить урожайность овощных культур при одновременном улучшении их качества и вкуса.

Помимо этого, система капельного орошения позволяет экономить воду от двух до пяти раз в зависимости от культуры. Поскольку вода поступает непосредственно в корневую систему растений, эффективность орошения достигает 85 – 90 %, а затраты питательных веществ уменьшаются.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Также в агрокомплексе будет использована система досвечивания, что позволяет в соответствии с временем года и продолжительностью светового дня круглосуточно поддерживать в теплице оптимальный уровень искусственного освещения. Особенно система актуальна осенью и зимой – она позволяет поставлять потребителям свежие овощи и зелень круглый год. Особенно это актуально в осенне-зимний период.

Агрокомплекс «Горный» будет обладать собственными источниками тепло- и электроэнергетических ресурсов, которые позволяют работать автономно от остальных сетей. Это поможет повысить энергетическую эффективность и снизить себестоимость продукции агрокомплекса.

Автономность будет обеспечена:

- котельной;
- мощнейшие газопоршневые установки, обеспечивающие тепличные блоки круглый год бесперебойным теплом и электроэнергией;
- собственная кабельная линия высокого напряжения до внешней ТЭЦ – прямого поставщика электроэнергии для обеспечения энергоресурсами агрокомплекса по минимально возможным тарифам.

На каждом блоке агрокомплекса «Горный» будет установлена система автоматизированного контроля и температурно-влажностного режима и поливом растений. То есть, задавая нужные программы, возможно создание оптимальных условий для роста овощных культур и зеленных. Вся система работает четко и отлажено.

С компьютера будет производится управление приготовлением и подачей растениям питательного раствора, форточной вентиляцией, зашториванием светоотражающих и теплоизоляционных экранов. Различное оборудование и непрерывный автоматический контроль позволяют поддерживать нужные температуру, влажность воздуха и уровень освещенности в теплицах. Сколько именно необходимо растению в тот или иной период роста воды, света и питательных веществ, будет определяться агроном с помощью регулярных исследований минераловатной и торфяной субстанции. Он совместно с

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

инженерами будет задавать программу в компьютер, а затем они вместе будут следить за правильностью выполнения поставленной задачи.

Систему естественной форточной вентиляции будут применять для оперативного изменения температурного режима микроклимата теплицы. Систему горизонтального теплозащитного и светоотражающего шторного экрана будет использована для создания затенения в теплицах при интенсивной (избыточной) солнечной радиации в весенний и летний период. Она же предназначена для сохранения тепла в ночное время и периоды с наиболее низкой наружной температурой. Горизонтальное зашторивание происходит тканью из полимерных материалов, и обеспечивает практически полное перекрытие верхней части теплицы.

В режиме онлайн на тепличном контроллере и диспетчерском компьютере будет отображаться текущие значения всех основных параметров микроклимата в теплице. Также будет происходить непрерывный автоматический контроль внешних климатических параметров (температура воздуха, направление и скорость ветра, наличие осадков и солнечная инсоляция).

С помощью компьютера агрономы-агрохимики будут создавать идеальные условия для получения максимального урожая. Сбор урожая будет производиться ручным способом.

Тепличный комплекс по производству плодовоовощной продукции в закрытом грунте предназначен для круглогодичного выращивания светокультуры овощей. Комплекс состоит из 2-х блоков теплиц, соединенных переходной галереей.

Принятая технология производства овощей предусматривает выращивание растений способом малообъемной гидропоники на подвесных лотках на матах (размер: 1000x200x75) на минеральной вате фирмы «Гродан», упакованной в пленку. Размещение растений огурца рядное. Схема размещения растений в пролете 8 метров предусматривается 1+1+1+1.

Расстояние в ряду между растениями 167 мм, с V-образной подвеской растений к шпалерной проволоке.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Схема технологического процесса выращивания овощей методом малообъемной гидропоники предусматривает выполнение следующих основных технологических операций:

- раскладка укрывного материала по всей площади (кроме дорожки);
- выращивание рассады в рассадном отделении;
- раскладка регистров надпочвенного обогрева;
- подвешивание лотков для выращивания овощей;
- раскладка минеральных матов на подвесные лотки;
- раскладка труб капельного полива;
- расстановка в минеральных матах кубиков с рассадой и подвод к ним капиллярных трубок капельного полива;
- уход за растениями и сбор урожая, вывоз из отделений овощной продукции;
- сортировка и отправка на реализацию продукции;
- по окончании цикла выращивания овощей удаление и вывоз стеблей, растительных остатков;
- дезинфекция и подготовка теплиц к новому циклу выращивания.

Для производства рассады светокультуры огурца предназначено 2 рассадных отделения (по одному в каждом блоке), площадью 10260 м² каждое, в которых располагается по 660 установок гидропонных стеллажных (далее УГС) размером 1825x6900, полезной площадью 12,63м².

Семена огурца предварительно проращиваются в камере проращивания семян (см. фото 1).

Принцип выращивания рассады на УГС - метод подтопления. Рассада выращивается сначала в кассетах на минеральных «пальчиках», далее переваливается в минеральные кубики размером 10x10x7,5 с поворотом на 3600 . На одном УГС кубики располагается из расчета 24шт./м².

Технологическое оборудование.

Состав и принцип работы технологического оборудования.

По назначению технологическое оборудование разбито на 2 системы:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1. система водоподготовки (накопительная емкость, узел водоподготовки (подкисление и фильтрация) и узел подогрева воды);

2. система полива растений (растворный узел с узлом смешивания, узел предварительного приготовления маточных растворов, емкости маточных растворов и кислоты).

Описание принципа работы оборудования системы полива растений.

Вода из накопительных емкостей и очищенный возвратный раствор выкачиваются насосом узла смешения и подачи и смешиваются в заданных пропорциях. После смешивания раствор подается в растворный узел. Питательный раствор для полива приготавливается в растворном узле путем смешения в заданных пропорциях воды, маточных растворов и кислоты. Приготовление и фильтрацию маточных растворов обеспечивает узел предварительного приготовления маточных растворов. Готовые растворы перекачиваются в емкости для маточных растворов. Готовый раствор из растворного узла подается в магистральные трубопроводы системы капельного полива.

На полив 1 растения расходуется 4л (раствора или воды) в сутки. Для полива используются капельницы производительностью 3 л/ч. Вода на полив подаётся из существующих резервуаров чистой воды технологического отделения – 2 емкости объёмом 50 м³ каждая.

Проектом предусматривается использование следующих технологических систем:

- система капельного полива;
- система контроля неусвоенного питательного раствора и влажности субстрата;

- система сбора неусвоенного питательного раствора;

- система дозирования CO₂;

система горизонтальных шторных экранов;

- система электродосвечивания (ассимиляционное освещение);

- система автоматического управления микроклиматом.

1.2 Требования по водоснабжению проектируемого объекта

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Согласно требованиям питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети.

При исследовании микробиологических показателей качества питьевой воды в каждой пробе проводится определение термотолерантных колиформных бактерий, общих колиформных бактерий, общего микробного числа и колифагов.

При обнаружении в пробе питьевой воды термотолерантных колиформных бактерий и (или) общих колиформных бактерий, и (или) колифагов проводится их определение в повторно взятых в экстренном порядке пробах воды. В таких случаях для выявления причин загрязнения одновременно проводится определение хлоридов, азота аммонийного, нитратов и нитритов.

При обнаружении в повторно взятых пробах воды общих колиформных бактерий в количестве более 2 в 100 мл и (или) термотолерантных колиформных бактерий, и (или) колифагов проводится исследование проб воды для определения патогенных бактерий кишечной группы и (или) энтеровирусов.

Исследования питьевой воды на наличие патогенных бактерий кишечной группы и энтеровирусов проводится также по эпидемиологическим показаниям по решению центра госсанэпиднадзора.

Исследования воды на наличие патогенных микроорганизмов могут проводиться только в лабораториях, имеющих санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии условий выполнения работ санитарным правилам и лицензию на деятельность, связанную с использованием возбудителей инфекционных заболеваний.

1.3 Характеристика источника водоснабжения

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

В качестве источников водоснабжения возможно использовать:

Скважины – горная выработка круглого сечения, пробуренная с поверхности земли или с подземной выработки без доступа человека к забою под любым углом к горизонту, диаметр которой намного меньше ее глубины. Бурение скважин проводят с помощью специального бурового оборудования.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка проекта водозаборного узла ООО Агрокомплекс «Горный».

Таблица 1.1 – Требования к качеству подаваемой воды

Показатели		Технический водовод		Хозяйственнопитьевой водовод	
		ГОСТ	Для нужд комплекса	СанПиН	Для нужд комплекса
взвешенные вещества	мг/л	1,5	1,5	1,5	1,5
железо	мг/л	0,3	0,3	0,3	0,3
жесткость	Гр.	ф	10	7,0	5,0
марганец	мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1
нитраты	мг/л	45	45	45	отсутствие
сухой остаток	мг/л	1500	1000	1000	500
магний	мг/л	50	50	50	отсутствие
общие колиформные бактерии	в 100мл	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
термотолерантные колиформные бактерии	в 100мл	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
радон	Бк/л	60	60	60	60
α -излучение	Бк/л	0,2	0,2	0,2	0,2

Таблица 1.2 – Показатели качества воды в скважинах

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Показатели		Скважина № 1	Скважина № 2	Скважина № 3	Скважина №4	Скважина № 5	Скважина № 6
взвешенные вещества	мг/л	0,58	0,58	0,56	0,59	0,54	0,55
железо	мг/л	9,7	10,7	10	9,5	10,3	9,9
жесткость	гр	11,2	11,7	11,5	11,3	11,6	11,1
марганец	мг/л	1,57	1,84	1,67	1,83	1,74	1,79
нитраты	мг/л	56	64	58	62	57	63
сухой остаток	мг/л	3150	3300	3250	3270	3180	3230
магний	мг/л	70	68,5	66,5	72	67	71
общие колиформные бактерии	в 100 мл	16	19	17	15	18	20
термотолерант ные колиформные бактерии	в 100 мл	4	4,3	4,1	3,9	4,2	3,8
радон	Бк/л	—	—	—	—	—	—
α -излучение	Бк/л	1,1	1,3	1,2	1,4	1	1,1

Задачи данного проекта:

- 1) определить требуемые расходы воды для хозяйственно-питьевых и промышленных нужд ООО Агрокомплекс «Горный»;
- 2) определить современные технологии водоподготовки;
- 3) выбрать для агрокомплекса источник водоснабжения;
- 4) выполнить расчеты по аппаратному оформлению технологии водоподготовки ООО Агрокомплекс «Горный»;
- 5) выполнить технологию строительного производства.

2 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ

2.1 Требования к качеству воды агрокомплексов

Требования к воде, используемой в различных отраслях промышленности и в конкретных производствах, существенно различаются. Они отражены в соответствующих ГОСТах, технических условиях (ТУ), технологических инструкциях (ТИ). Разброс требований чрезвычайно широк: от удаления только взвешенных частиц до воды, сверхчистой по всем компонентам.

На территории комплекса вода расходуется на:

- хозяйственно-питьевые нужды;
- поливку рассадного комплекса;
- поливку теплиц для выращивания плодов;
- промывку фильтров;
- питание системы испарительного охлаждения и доувлажнения для теплиц;
- промывку оборудования и помещений;

Для хозяйственно-питьевых нужд вода должна соответствовать требованиям [3] и быть стабильной.

Требования к воде для технологических нужд определены в соответствующих ГОСТах, ОСТах, ТУ, ТИ и т.п. Эти требования для различных производств очень отличаются друг от друга как по допустимому содержанию различных химических и механических загрязнений, так и по специальным требованиям, например, биологической стерильности и т. п.

2.2 Материал труб и арматуры, используемых для систем водоснабжения агрокомплексов

В рамках работы запроектированы технологические трубопроводы для обвязки оборудования. Соединение НПВХ труб осуществляется с помощью

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

клеевых раструбов и фитингов. Все подземные трубопроводы укладываются на уплотненное естественное основание, при необходимости выполняется песчаная подсыпка толщиной 100мм. Коэффициент уплотнения не менее $k=0.95$. Земляные работы вести согласно СНиП III-42-80 "Земляные работы", последние 100мм грунта извлекать вручную. Монтаж трубопроводов вести согласно СП 40-102-2000 "Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов".

2.3 Основные технологии очистки воды от металлов

Иногда химический состав воды не позволяет удалять железо из воды безреагентным способом. К таким случаям относится вода с очень высоким содержанием железа (>10 мг/л), низкой щелочностью, высоким содержанием органических веществ (показатель перманганатная окисляемость >10 мг/л).

При реагентном способе обезжелезивания воды вместо кислорода воздуха используются более сильные окислители. Чаще всего используется раствор гипохлорита натрия марки "А", разрешенный для обработки питьевой воды.

Гипохлорит натрия после добавления в воду быстро и полностью растворяется в ней с сразу же вступает в реакцию с растворенным железом.

Для осаждения и доокисления железа также, как и в безреагентной системе удаления железа используется фильтр с каталитической загрузкой, устойчивой к активному хлору. После фильтра обезжелезивания вода содержит некоторый избыток активного хлора.

Марганец присутствует в земной коре в большом количестве и обычно он встречается вместе с железом. Содержание растворимого марганца в подземных и поверхностных водах, бедных кислородом, достигает нескольких мг/л. Российские санитарные нормы ограничивают уровень предельно- допустимого содержания марганца в воде хозяйственно-питьевого назначения до 0,1 мг/л, а в некоторых странах Европы эта величина ниже 0,05 мг/л. Превышение содержания марганца ухудшает органолептические свойства воды. При уровне выше 0,1 мг/л марганец

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

приводит к появлению пятен на санитарно-технических изделиях, а также нежелательного привкуса воды. На трубопроводах образуется пленка, которая впоследствии начинает отслаиваться в виде черного осадка.

В подземных водах марганец находится в виде хорошо растворимых солей в двухвалентном состоянии. Для удаления марганца из воды его необходимо перевести в нерастворимое состояние окислением Mn^{2+} в Mn^{3+} и Mn^{4+} . Окисленные формы марганца гидролизуются с образованием практически нерастворимых гидроксидов $Mn(OH)_3$ и $Mn(OH)_4$.

Последний при осаждении на зернистой загрузке фильтра проявляет каталитические свойства, т.е. ускоряет процесс окисления двухвалентного марганца растворенным кислородом.

Для эффективного окисления марганца необходимо, чтобы величина рН очищаемой воды была на уровне 8,0 - 8,5. В качестве окислителя применяют перманганат калия, хлор или его производные (гипохлорит натрия), озон, кислород воздуха.

Способы удаления из воды марганца:

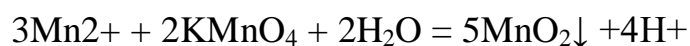
1) Глубокая аэрация с последующим фильтрованием. На этом этапе очистки из воды под вакуумом извлекают свободную углекислоту, что способствует повышению величины рН до 8 – 8,5.

Для этой цели используют вакуумно-эжекционный аппарат, при этом в его эжекционной части происходит диспергирование воды и ее насыщение кислородом воздуха. Далее вода направляется на фильтрацию через зернистую загрузку, например, кварцевый песок.

Данный метод очистки применим при окисляемости исходной воды не выше 9,5 мг O_2 /л. При этом в воде обязательно присутствие двухвалентного железа, при окислении которого образуется гидроксид железа, адсорбирующий Mn^{2+} и каталитически его окисляющий.

2) Этот метод применим как для поверхностных, так и для подземных вод. При введении в воду перманганата калия растворенный марганец окисляется с образованием малорастворимого оксида марганца согласно уравнению (15):

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



Осажденный оксид марганца в виде хлопьев имеет высокую развитую удельную поверхность примерно 300 м² на 1 г осадка, что определяет его высокие сорбционные свойства.

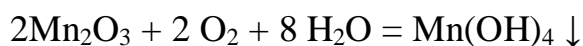
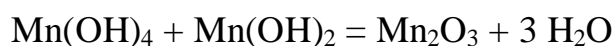
В соответствии с уравнением для удаления 1 мг Mn^{2+} требуется 1,88 мг перманганата калия. Перманганат калия обеспечивает удаление из воды не только марганца, но и железа в различных формах. Также удаляются запахи и улучшаются вкусовые качества воды за счет сорбционных свойств.

После введения перманганата вводят коагулянт для удаления продуктов окисления и взвешенных веществ и далее фильтруют на песчаной загрузке.

При очистке от марганца подземных вод параллельно с перманганатом вводят активированную кремневую кислоту из расчета 3 - 4 мг/л или флокулянты. Это позволяет укрупнить хлопья оксида марганца.

3) Каталитическое окисление марганца. Как и в процессах очистки от железа, так и при демангании предварительное осаждение оксидов марганца на поверхности зерен фильтрующей загрузки оказывает каталитическое влияние на процесс окисления двухвалентного марганца растворенным кислородом.

В процессе фильтрования предварительно аэрированной и при необходимости подщелоченной воды на зернах песчаной загрузки образуется слой осадка гидроксида марганца $\text{Mn}(\text{OH})_4$. Ионы растворенного Mn^{2+} адсорбируются поверхностью гидроксида марганца и гидролизуются, образуя оксид трехвалентного марганца Mn_2O_3 . Последний окисляется растворенным кислородом вновь до $\text{Mn}(\text{OH})_4$, который опять участвует в процессе каталитического окисления. Реакции этих процессов представлены в уравнениях (16) и (17):



Фильтрация через модифицированную загрузку. Перед началом фильтрации через фильтрующую загрузку последовательно пропускают снизу-вверх раствор железного купороса FeSO_4 и перманганат калия, а затем ее обрабатывают тринатрийфосфатом Na_3PO_4 или сульфитом натрия Na_2SO_3 .

Скорость фильтрации исходной воды, подаваемой сверху вниз, составляет 8 – 10 м/ч.

5) Введение реагентов-окислителей. Скорость процесса окисления двухвалентного марганца реагентами-окислителями из ряда хлор, диоксид хлора ClO_2 , гипохлорит натрия, озон в значительной мере зависит от величины pH исходной воды.

При введении хлора или гипохлорита натрия эффект окисления достигается в достаточно полной мере при значениях pH не менее 8,0 – 8,5 и времени контакта окислителя и воды 60 – 90 минут. В большинстве случаев обрабатываемая вода должна быть подщелочена. Требуемая доза реагента для окисления Mn^{2+} до $\text{Mn}(\text{OH})_4$ по стехиометрии составляет 1,3 мг на каждый мг растворенного двухвалентного марганца. Фактические дозы значительно выше.

Обработка воды озоном или диоксидом хлора значительно эффективнее. Процесс окисления марганца завершается в течение 10 – 15 минут при величине pH воды 6,5 – 7,0. Доза озона по стехиометрии составляет 1,45 мг, а диоксида хлора 1,35 мг на 1 мг двухвалентного марганца. Однако при озонировании воды озон подвержен каталитическому разложению оксидами марганца, а поэтому доза должна быть увеличена. При концентрации Mn^{2+} 0,4 мг/л расход озона составляет 2 мг/мг $[\text{Mn}^{2+}]$, а при 0,8 мг/л – 4 мг/мг $[\text{Mn}^{2+}]$.

Мембранный метод.

Блок обессоливания мембранной (обратноосмотической) фильтрации для удаления избыточных концентраций растворенных солей (обессоливание), в т.ч. кремния.

Обессоливание воды выполняется на полиамидных композитных мембранных элементах рулонного типа методом обратноосмотической фильтрации.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Конструктивно установка обессоливания состоит из:

– насоса высокого давления, который обеспечивает давление на входе в мембранный модуль 12–14 атм.;

– защитного фильтра;

– мембранного блока;

– расходомеров;

– контроллера;

– блока управления.

На высоконапорной мембране вода разделяется на два потока:

фильтрат – обессоленная вода, и концентрат – концентрированный раствор удаленных солей.

Фильтрат подается в резервуар хранения хозяйственно-питьевой воды, а концентрат поступает в баки для промывной воды.

Управление работой установки обессоливания выполняется так же, по сигналу, поступающему из емкостей чистой воды о низком/высоком уровне воды. Производительность установки обессоливания и % сброса концентрата зависит от температуры обрабатываемой воды, состава воды, состояния мембранных элементов.

Требуемая (300 – 400 мг/л) концентрация солей в хозяйственно-питьевой воде, достигается путем смешивания обессоленной воды после установки обратного осмоса и предочищенной, после сорбционной очистки.

Блок реагентной обработки воды – обеззараживание и рН коррекция. Блок состоит из:

– дозирующих насосов;

– монтажной панели;

– префильтра;

– датчиков рН и Cl;

– контроллеров;

– узлов всасывания и впрыска;

– сигнализатора уровня;

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

– баков для реагентов и прочих элементов, обеспечивающих подачу реагентов в обрабатываемую воду.

На этой ступени выполняется дозирование реагента-окислителя гипохлорита натрия 20 % класса А, который подается в трубопровод после насоса подачи воды в водовод хозяйственно-питьевой воды.

Включение насосов-дозаторов осуществляется по датчику потока. Дозатор засасывает реагент из емкости и подает в узел впрыска. Узел впрыска реагента установлен на напорном участке трубы после насосной станции, подающей воду из баков-аэраторов на фильтры. Дозатор снабжен датчиком уровня реагента в баке, с функцией автодегазации.

Встроенный контроллер определяет объем впрыска по данным считываемым с датчика остаточного хлора в контрольной точке. Требуемое значение остаточного хлора в контрольной точке определяется по результатам пуско-наладочных работ, с учетом транспортировки воды по территории предприятия. Первоначально принимается в соответствии с требованиями.

«Контрольной точкой» является точка отбора пробы воды на выходе из резервуара хранения чистой воды.

2.4 Основные методы умягчения воды

Жесткость воды - это уровень её минерализации – наличия в ней тех или иных растворенных минеральных веществ, чаще всего солей кальция и магния. Чтобы определить уровень жёсткости воды из вашей скважины или колодца, лучше всего, сделать анализ на соли жёсткости в специализированной лаборатории. Косвенно судить о её жесткости можно судить по количеству накипи на нагревательных элементах водонагревательных устройств: чайника, бойлера, кипятильника и др.

Согласно классификации, мягкая вода должна иметь жесткость не более 1,5–3 мг-экв/л, умеренно жесткая – 3-6 мг-экв/л, жесткая – 6-9 мг-экв/л и очень жесткая - более 9 мг-экв/л.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Методы снижения жесткости:

1) Термический метод умягчения воды или кипячение - один из наиболее простых и распространенных способов снижения её жесткости. При кипячении жесткой воды гидрокарбонат кальция, который чаще всего является причиной повышенной жесткости, под действием температуры, распадается, образуя углекислый газ и осадок из карбоната кальция. С помощью этого способа умягчения можно значительно снизить содержание в воде солей жесткости.

Таким методом умягчения (кипячением) можно также уменьшить частично и жесткость, вызванную сульфатом кальция CaSO_4 , так как его способность растворяться в воде снижается до 0,65 г/л при температуре кипения – 100 °С.

Недостатком его можно считать то, что устранить полностью кипячением жесткость воды не удастся, в связи с тем, что CaCO_3 хотя и частично (13 мг/л при температуре 13 °С), но, всё же, может растворяться.

К тому же, при кипячении образуется осадок, который будет необходимо удалять. Да и умягчать большой объем воды таким методом затруднительно.

2) Реагентные методы умягчения воды - применение для снижения её жесткости веществ, способных связывать имеющиеся в жесткой воде ионы Ca^{+2} и Mg^{+2} и превращать их в нерастворимые соединения, которые выпадают в осадок. В качестве таких веществ (реагентов) для умягчения воды, в зависимости от её состава, может применяться известь, кальцинированная сода, едкий натр, синтетические реагенты.

Умягчение с помощью извести. Такой способ наиболее целесообразно применять для умягчения воды с высоким содержанием карбонатных соединений и небольшой некарбонатной жесткостью. При этом методе смягчения в воду вместе с известью добавляют ещё и реагенты-коагулянты.

Известково-содовый метод (известь + сода). Этот способ применяют только при относительно неглубоком умягчении – до 1,4–1,8 мг-экв/л.

Содо-натриевый метод. Этот метод применяют при умягчении жесткой воды, в которой карбонатная жесткость ненамного преобладает над некарбонатной жесткостью.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Синтетические реагенты-умягчители и средства для жесткой воды. Кроме этого, в настоящее время существуют и разные синтетические реагенты для умягчения жесткой воды (например – Calgon), которые часто используются для стиральных или посудомоечных машин.

При использовании методов снижения жесткости воды с помощью реагентов, она умягчается и, к тому же, освобождается от мутных взвесей.

Недостатки реагентных методов смягчения:

- наличие твердых отходов (первые три способа);
- при добавлении реагентов требуется их точное дозирование;
- в большинстве случаев, воду, смягченную реагентами, нельзя пить, или использовать для приготовления пищи (пищевая сода один из немногих реагентов, после которого воду можно употреблять в пищу);
- необходимость специального места для безопасного хранения реагентов.

3) Метод ионного обмена основан на фильтровании воды через колонку, заполненной катионитовой загрузкой. В основе метода лежит способность фильтрующего материала-ионита забирать из воды определенные ионы в обмен на эквивалентное количество собственных противоионов.

Натрий-катионитовый метод следует применять для умягчения подземных вод и вод поверхностных источников с мутностью не более 5-8 мг/л и цветностью не более 30°. При натрий-катионировании щелочность воды не изменяется. При одноступенчатом натрий-катионировании общая жесткость воды может быть снижена до 0,05—0,1 г-эquiv/м³, при двухступенчатом — до 0,01 г-эquiv/м³ [5].

Ионообменная смола состоит из зерен, в состав которых входят функциональные группы (матрицы), удерживающие катионы с более низкой динамической активностью, чем ионы, предполагаемые к удалению из раствора электролита (воды). При попадании в раствор частицы ионита впитывают воду и разбухают, приходя в рабочее состояние. Процесс ионного обмена протекает вследствие разности концентраций воды внутри и снаружи зерна смолы, которое в данном случае выступает в качестве мембраны. Как известно, разница в

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

концентрациях заряженных частиц по разные стороны мембраны приводит к возникновению мембранной разности потенциалов, называемой также потенциалом Доннана. Энергия вхождения различных катионов в катионит и замещения в нем противоионов зависит от их валентности, а при одинаковом заряде — от интенсивности гидратации. Из всего объема химических элементов и соединений, проникающих в зерно, задерживаются в нем только те, которые смогли вступить в прочную связь с функциональной группой. Этим и объясняется многообразие вариантов фильтрационной загрузки и ее специализация, т.е. эффективность использования по отношению к тем или иным примесям [6].

Натрий обладает наименьшими показателями, именно он обычно входит в состав функциональной группы катионита, используемого для умягчения воды. Ионы диффундируют через мембрану до тех пор, пока не установится электрохимическое равновесие. После чего начинается фаза т.н. «проскока» в фильтрат катионов жесткости. Данная стадия продолжается до момента уравнивания жесткости фильтрата с жесткостью исходной воды.

На наружной поверхности омываемой частицы ионообменной смолы в процессе фильтрации образуется тонкая водяная пленка. Скорость ионообмена зависит от скорости диффузии катионов жесткости через пленку [6]. Скорость диффузии зависит, в свою очередь, от нескольких факторов:

1. Структура зерна.

Важную роль в ионообменном процессе играет отношение площади обменной поверхности к размеру зерна. В компактных частицах ионный обмен протекает на поверхности (экстрамицеллярный обмен), что повышает скорость фильтрации, но ограничивает площадь обменной поверхности. В частицах с развитой структурой и диаметром пор, превышающим размер гидратированных катионов, ионный обмен происходит как на внешней, так и на внутренней поверхностях (ин-термицеллярный обмен). Это замедляет фильтрацию, зато позволяет обойтись меньшим количеством катионита за счет более полноценного использования. В зависимости от размера пор выделяют следующие виды катионитов: изопористые (смола с однородной структурой), макропористые

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

(представляют собой губчатую структуру с диаметром пор, превышающим молекулярный размер) и гетеропористые (это гелевидная структура с небольшими порами). На основании структуры засыпки определяют рабочую и полную обменную емкости катионита, выражающую количество задержанных катионов [г-экв/л] на 1 м³ катионита в рабочем состоянии до момента проскока в фильтрат катионов жесткости и до уравнивания жесткости фильтрата с жесткостью исходной воды соответственно (рис. 2). Важное значение имеет также насыпная плотность, т.е. отношение величины частицы катионита в сухом (товарном) и разбухшем (рабочем) состоянии, а также абсолютные размеры этих частиц. Мелкозернистый катионит обладает менее развитой поверхностью по сравнению с крупнозернистым, зато с увеличением размеров зерна уменьшается гидравлическое сопротивление и, соответственно, возрастает скорость фильтрации. Оптимальным размером принято считать размеры зерен 0,3–1,5 мм [6].

2. Химический состав зерна.

Ассимиляция различных катионов из электролита функциональной группой ионообменной смолы зависит от фракционного состава загрузки. Катиониты подразделяются на минеральные и органические, которые, в свою очередь, могут иметь естественное или искусственное происхождение. Матрица может содержать амины, оксиды, гидроксиды, карбонаты, силикаты; сульфатные, фосфорные, фенольные, карбоксильные группы; природные минералы и другие соединения. Ионообменная смола состоит из однотипных (монофункциональные) или различных (полифункциональные) матриц. Подвижные заряды групп могут иметь как положительный, так и отрицательный заряд. В первом случае смола обладает катионообменными свойствами, во втором — анионообменными [6].

3. Температура исходного раствора.

С одной стороны, повышение температуры обрабатываемой воды способствует снижению ее вязкости, что улучшает кинетику ионообмена. С другой

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

стороны, нагрев в сочетании с высокой щелочностью или кислотностью может приводить к пептизации (превращении в коллоидный раствор) катионита, в результате чего он теряет способность к ионному обмену. Универсальной рекомендацией в данном случае может служить соблюдение предписаний, касающихся диапазонов температуры и pH фильтруемой среды, поскольку для каждого материала они могут значительно различаться [6].

4. Содержание механических примесей. Взвешенные частицы, содержащиеся в фильтруемой воде, могут загрязнять и блокировать диффузные пути зерен ионита, снижая его фильтрующую способность. Это накладывает определенные ограничения на качество исходной воды: содержание взвеси не может превышать 8 мг/л, а цветность — 30°. Поэтому в системе водоподготовки ступень умягчения ставят после механической фильтрации [6].

Скорость потока. Толщина обволакивающей частицу ионита водяной пленки тем тоньше, чем выше скорость потока. А она, в свою очередь, связана с давлением воды на входе, а также размером зерен смолы [6].



Рисунок 2. 1 – Принцип ионного обмена

4) Использование мембранного метода умягчения основано на «продавливании» жесткой воды, с помощью избыточного давления 3-4 атм, через полупроницаемую мембрану. Такая мембрана пропускает только молекулы воды,

а все соли, любые минеральные и органические примеси задерживает. В результате на выходе получается практически дистиллированная вода.

Достоинством такого метода можно считать то, что вода смягчается максимально и при этом очищается, практически от всех видов загрязнения.

Недостатками мембранного метода умягчения можно считать:

– необходимость избыточного давления (3 – 4 атм) в системе водоснабжения для продавливания воды через мембрану;

– вода полностью очищается от всех минеральных солей, и чтобы употреблять её для питья необходимо производить дополнительную минерализацию, то есть уже искусственно повышать её жесткость;

– относительно высокая стоимость умягчения.

5) Магнитный метод умягчения жесткой воды основан на воздействии на неё магнитным полем постоянных магнитов.

Такое магнитное поле изменяет физические свойства протекающей через него жесткой воды. Силикаты, соли магния и кальция, в результате магнитного воздействия, теряют способность откладываться в виде твердый отложений или накипи на стенках и нагревательных элементах и удаляются потоком жидкости в виде шлака и накапливаются в специальных отстойниках, откуда удаляются. Принцип работы магнитного поля показан на рисунке 2.2.

Кроме того, после магнитной обработки вода сама разрушает и удаляет ранее отложившуюся накипь. Оптимальная скорость потока жидкости, при таком методе её умягчения, 0,5 – 4,0 м/с.

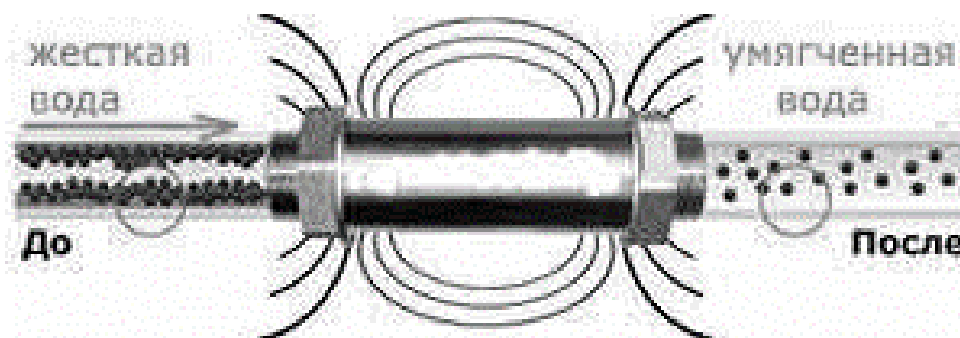


Рисунок 2.2 – Принцип магнитного способа

2.5 Методы обеззараживания воды

Обеззараживание гипохлоритом натрия.

Гипохлорит натрия (ГПХН) – неустойчивое соединение, легко разлагающееся с выделением кислорода. Самопроизвольное разложение медленно происходит даже при комнатной температуре: например, за 40 суток наиболее устойчивая форма – пентагидрат ГПХН ($NaOCl \cdot 5H_2O$) теряет около 30 % активного хлора:

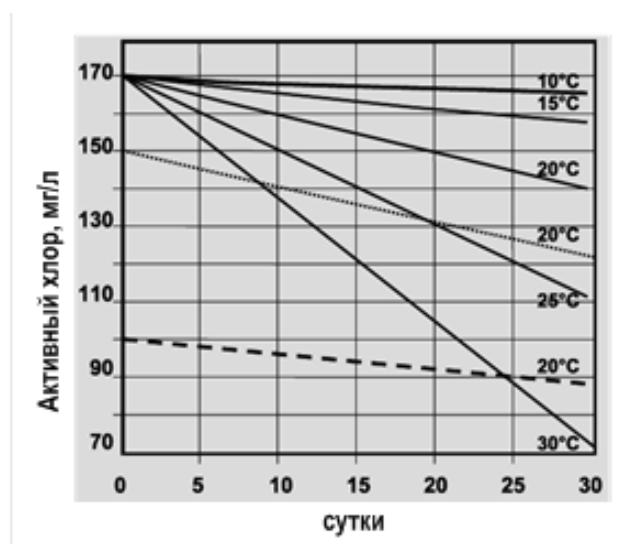
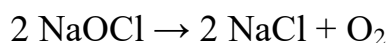


Рис. 2.3 – Зависимость разложения гипохлорита натрия от его температуры

При нагревании ГПХН параллельно с его разложением происходит реакция диспропорционирования:



Гипохлорит натрия образует в воде хлорноватистую кислоту и гипохлорит ион в соотношениях, определяемых рН раствора (см. рис. 5), а именно соотношение

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

между ионом гипохлорита и хлорноватистой кислотой определяется протеканием реакций гидролиза гипохлорита натрия и диссоциации хлорноватистой кислоты.

Растворяясь в воде, ГПХН диссоциирует на катионы натрия и анионы хлорноватистой кислоты:



Так как хлорноватистая кислота (HOCl) является очень слабой, гипохлорит-ион в водной среде подвергается гидролизу:



Наличие хлорноватистой кислоты в водных растворах гипохлорита натрия объясняет его сильные дезинфицирующие свойства.

Гипохлорит натрия (NaOCl), на сегодняшний момент, одно из лучших известных средств, проявляющих благодаря гипохлорит-аниону сильную антибактериальную активность. Это средство убивает микроорганизмы очень быстро и при достаточно низких концентрациях, поскольку разложение гипохлорита сопровождается образованием ряда активных частиц (радикалов) и, в частности, синглетного кислорода, обладающего высоким биоцидным действием. Образующиеся при распаде ГПХН частицы (радикалы) способствуют в уничтожении микроорганизмов (способных к окислению), разрушая окружающую их биопленку, что приводит к «гибели» микроорганизмов.

Наивысшая бактерицидная активность гипохлорита натрия проявляется в нейтральной среде, когда концентрации HClO и гипохлорит-анионов ClO⁻ в процессе гидролиза и диссоциации ГПХН приблизительно равны.

Что касается бактерицидных свойств ГПХН, то можно привести несколько примеров:

- грибки, вызывающие кандидоз, *Candida albicans*, погибают *in vitro* в течение 30 секунд при действии 5,0 ± 0,5%-го раствора NaOCl (при концентрации

действующего вещества ниже 0,05 % они проявляют устойчивость только спустя 24 часа после воздействия на них ГПХН);

- более резистентные к действию гипохлорита натрия энтерококки. Так, например, патогенный *Enterococcus faecalis* погибает через 30 секунд после обработки 5,25% -ым раствором или через 30 минут после обработки 0,5%-ым раствором;

- грамотрицательные анаэробные бактерии, такие как *Porphyromonas gingivalis*, *Porphyromonas endodontalis* и *Prevotella intermedia*, погибают в течение 15 секунд после обработки 5,0 ± 0,5%-м раствором NaOCl.

Технология применения высоко- и низкоконтрированного гипохлорита натрия.

В практике водоснабжения для обеззараживания питьевой воды используются концентрированный гипохлорит натрия марки А с содержанием активной части 190 г/л и низкоконтрированный гипохлорит натрия марки Э с содержанием активной части около 6 г/л.

Обычно в систему водоочистки товарный гипохлорит натрия вводят после предварительного разбавления. После разбавления в 100 раз гипохлорита натрия, содержащего 12,5% активного хлора и имеющего рН = 12-13, происходит понижение рН до 10-11 и концентрации активного хлора до 0,125 (в действительности величина рН имеет более низкое значение). Чаще всего для обработки питьевой воды применяется раствор гипохлорита натрия, характеризующийся следующими показателями:

1. Содержание активного хлора – 5%;
2. Содержание свободной щелочи – 2%;
3. Нерастворимая часть – 0,01%;
4. Mg – 1 мг/л;
5. As – 1 мг/л;
6. Pb – 1 мг/л.

Таким образом, в отличие от хлора растворы ГПХН имеют щелочной характер и могут применяться для повышения уровня рН обрабатываемой воды.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

С изменением значения рН обрабатываемой воды меняются соотношения между хлорноватистой кислотой и ионами гипохлорита. С возрастанием рН хлорноватистая кислота распадается на ионы H^+ и ClO^- . Так, например, при рН = 6 доля $HClO$ составляет 97%, а доля ионов гипохлорита 3%. При рН = 7 доля $HClO$ составляет 78%, а гипохлорита – 22%, при рН = 8 доля $HClO$ – 24%, гипохлорита - 76%. Таким образом, при высоких значениях рН в воде $HClO$ превращается в гипохлорит ион.

Значит, повышение значения рН раствора товарного гипохлорита натрия проводят из-за того, что щелочной раствор гипохлорита натрия более устойчив. С другой стороны, «защелачивая» обрабатываемую воду, снижается активность хлорагента. Кроме того, на границе взаимодействия обрабатываемой воды и рабочего раствора ГПХН образуется осадок гидроксида магния и диоксида кремния, забивающий водные каналы. Поэтому концентрация щелочи в гипохлорите натрия должна быть такой, чтобы не вызывать образования этого осадка. Экспериментально установлено, что оптимальный диапазон рН воды при ее обработке гипохлоритом натрия находится в пределах от 7,2 до 7,4.

Помимо значения рН на дезинфицирующие свойства ГПНХ оказывают влияние температура и содержание свободного активного хлора в рабочем растворе. Данные по избытку активного хлора, необходимому для полной стерилизации питьевой воды, при различных температурах, времени воздействия и величине рН приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Зависимость требуемого избытка активного хлора от температуры воды и значения рН

Температура воды, °С	Время воздействия, мин	Требуемый избыток хлора, мг/л		
		рН 6	рН 7	рН 8
10	5	0,50	0,70	1,20

	10	0,30	0,40	0,70
	30	0,10	0,12	0,20
	45	0,07	0,07	0,14
	60	0,05	0,05	0,10
20	5	0,30	0,40	0,70
	10	0,20	0,20	0,40
	15	0,10	0,15	0,25
	30	0,05	0,06	0,12
	45	0,04	0,04	0,08
	60	0,03	0,03	0,06

Потерю активности растворов ГПХН со временем наглядно иллюстрирует таблица 2.2:

Таблица 2.2 – Период полураспада гипохлорита натрия в зависимости от его концентрации и температуры раствора

Концентрация NaOCl, %	Период полураспада, сутки	
	25 °С	35 °С

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084

Лист

35

- они агрессивны (требуется хранение в емкостях из титана или спецполимера);

- вызывают ожоги кожи и поражение глаз (вплоть до слепоты);

- при контакте с горючими материалами (опилками, ветошью и др.) могут способствовать их возгоранию;

- при введении в воду (или разбавлении водой до рабочей концентрации 8-10%) с высоким содержанием кальция и магния происходит образование нерастворимых отложений и осадков CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$;

- высокое значение pH (до 12 и более) способствует образованию карбоната кальция, что разрушительно воздействует на обвязку, арматуру, устройства ввода реагента и расходомеры, вплоть до их закупоривания и остановки;

- скопление кислорода при газовыделении вследствие разложения ГПХН может привести к взрыву;

- возможны аварии из-за случайных или ошибочных соединений с соляной кислотой (pH корректоры или коллекторы кислотной промывки от карбонатных отложений), в результате чего выделяется газообразный хлор с высокой влажностью, что особенно опасно. Растворы ГПХН неустойчивы и подвержены разложению.

Многие из проблем, возникающих при применении электрохимического высококонцентрированного ГПХН, снимаются при использовании технологии и оборудования для получения электролитического низкоконцентрированного (6-8 г/л) раствора ГХН, получаемого на месте потребления электролизом раствора поваренной соли и воды (2,5-3,5% по NaCl). Низкоконцентрированный ГХН (марки Э) является более чистым и малотоксичным продуктом, оказывает умеренно раздражающее действие на кожные покровы и слизистые оболочки, не горюч, не взрывоопасен, не относится к веществам остронаправленного действия.

ГПХН марки Э разлагается медленно благодаря низкой исходной концентрации. Относительно невысокое значение pH (9,0 - 9,2 ед. pH) такого раствора ГПХН сводит проблему накипи (образования) до минимума, а в ряде случаев даже дает экономию затрат на реагенты для регулирования pH раствора

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

(стабилизационная обработка воды в схеме ее очистки кислыми коагулянтами). Основные преимущества низкоконцентрированного ГПХН по сравнению с товарным - его безопасность (малотоксичное вещество 4-го класса опасности); стабильность раствора во времени; низкая коррозионная активность; независимость от поставщиков; более низкая стоимость.

К числу достоинств электрохимического ГПХН следует отнести и то, что обязательный 15-суточный запас требует не готовый продукт, а сырье, из которого он производится, т.е. поваренная соль, хранение которой на складе не сопровождается экологическими, санитарно-гигиеническими, террористическими и другими рисками, присущими привозному высококонцентрированному ГПХН. При электролизе поваренной соли выделяется водород в количестве 0,027 кг (или 0,3 м³) на каждый кг получаемого хлора. Во избежание угрозы взрыва водород должен быть удален принудительной вентиляцией в атмосферу с разбавлением его воздухом до нижнего порога взрывоопасности, который составляет 4% (вентиляция должна обеспечить удаление 55,6 л/мин. водорода на 10 кг суточной производительности по хлору).

Основная проблема надежности работы установок получения электролитического ГПХН связана с образованием отложений карбоната кальция на поверхности катодов электролизера. Как следствие, несоблюдение особенностей при подготовке воды, используемой для растворения соли, приводят к перегреву и деформации электродной системы, разрушению оксидно-рутениевого покрытия, росту напряжения и уменьшению концентрации активного хлора в получаемом продукте. На образование катодных отложений оказывает влияние качество соли и концентрации присутствующих в воде ионов Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃²⁻. По чистоте (наличию примесей хлоридов и сульфатов кальция и магния) приемлема соль «Экстра», которая, как правило, используется в зарубежных технологиях. Однако она, кроме того, что существенно дороже обычной соли вовсе не исключает необходимость предварительного глубокого умягчения воды, используемой для растворения. Технически более простым и экономически менее затратным способом предотвращения катодных отложений, а также позволяющим

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

использовать соль любой марки будет предварительное удаление бикарбонат-иона из солевого раствора, подаваемого на электролиз. Для декарбонизации воды рекомендуется подкисление соляной кислотой до $pH = 4,0-4,3$ (при этом HCO_3^- полностью переходит в CO_2) и последующее удаление свободной углекислоты в дегазаторе пленочного, барботажного, вакуумно-эжекционного или иного типа. Процесс получения низкоконцентрированного ГХН достаточно изучен и широко применяется в практике обеззараживания во всех развитых странах, как на водоочистных станциях небольшой производительности, так и на сооружениях подготовки нескольких миллионов кубических метров питьевой воды в сутки.

В целом, использование гипохлорита натрия в качестве обеззараживающего агента имеют следующие преимущества и недостатки:

Достоинства:

- эффективен против большинства болезнетворных микроорганизмов;
- относительно безопасен при хранении и использовании;
- при получении на месте не требует транспортировки и хранения опасных

химикатов.

Недостатки:

- неэффективен против цист (*Giardia*, *Cryptosporidium*);
- при увеличении величины pH воды снижается эффективность ГХН как дезинфектанта, так как снижается доля хлорноватистой кислоты и увеличивается доля гипохлорит-иона, а его эффективность как дезинфектанта в 20 раз ниже;
 - содержание активного хлора менее 15% (по массе), 85 % воды и балластных веществ;
 - опасность выделения газообразного хлора при хранении;
 - теряет активность при хранении (до 30 % за первый месяц хранения), при увеличении температуры на 100С скорость разложения ГХН увеличивается в ~2 раза;
 - при разложении товарного ГХН, полученного хлорированием щёлочи, происходит кристаллизация поваренной соли из товарного раствора, которая нарушает работу дозирующей техники;

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

- товарный раствор ГХН содержит 10-20 г/л щёлочи, за счёт которой происходит увеличение рН, поэтому при обеззараживании воды с высокой долей карбонатной жёсткости товарным ГХН образуется нерастворимый карбонат кальция, который откладывается в виде накипи на внутренней поверхности трубопроводов и сосудов (кальцинация);

- при обработке воды замкнутых систем (оборотные системы, бассейны и др.) происходит увеличение рН воды, т.к. товарный раствор имеет рН=12;

- образует побочные продукты дезинфекции, включая тригалометаны (в том числе хлороформ и бромформ) и броматы в присутствии бромидов;

- при хранении растворов NaClO с высокой концентрацией активного хлора происходит накопление хлоратов;

- не окисляет марганец.

УФ-обеззараживание.

УФ-стерилизация наиболее перспективный метод обеззараживания воды с высокой эффективностью по отношению к патогенным микроорганизмам, не приводящий к образованию вредных побочных продуктов, чем иногда грешат хлорирование или озонирование.

Установлено, что наибольшим бактерицидным воздействием обладают ультрафиолетовые лучи с длиной волны от 200 до 295 мкм. Эта область ультрафиолетового облучения называется бактерицидной. Максимум бактерицидного излучения располагается около длины волны в 254 мкм. Этот вид излучения обладает энергией, достаточной для воздействия на химические связи, в том числе и на живые клетки. Поглощаясь внутри микроорганизмов молекулами ДНК и РНК, оно вызывает фотохимические изменения в их структуре. Известно, что УФ-излучение действует на вирусы намного эффективнее, чем хлор, поэтому применение ультрафиолета при подготовке питьевой воды позволяет, в частности, во многом решить проблему удаления вирусов гепатита А, которая не всегда решается при традиционной технологии хлорирования. Бактерицидное действие лучей протекает во много раз быстрее, чем хлора. При этом бактерицидные лучи уничтожают не только вегетативные споры бактерий, но и спорообразующие.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

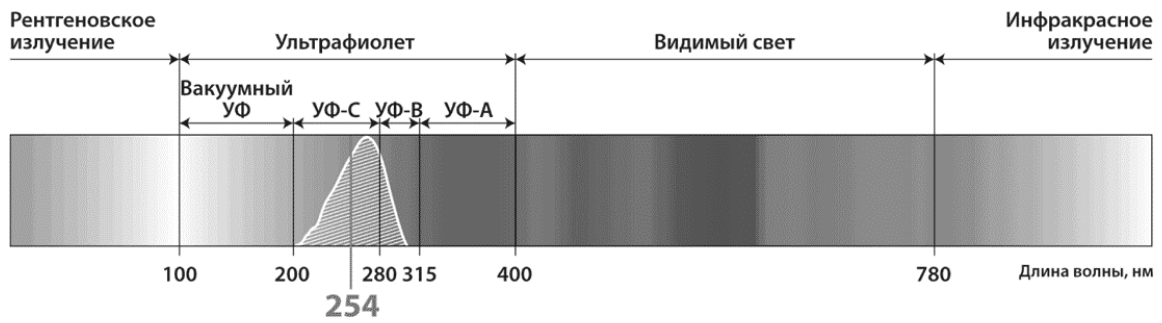


Рисунок 2.4 Спектр излучения и кривая бактерицидной чувствительности микроорганизмов и вирусов

Основным преимуществом метода УФ-обеззараживания является то, что установки УФ-стерилизации легко вписываются в типовые технологические схемы и достаточно компактны, что не требует проведения значительных строительных работ на существующих водоочистных сооружениях. УФ-стерилизация не образует побочных продуктов при обработке воды, поэтому доза УФ-излучения может быть увеличена до значений, обеспечивающих эпидемиологическую безопасность, как по бактериям, так и по вирусам. Поэтому при УФ-обеззараживании воды не существует проблемы передозировки.

Технологические схемы обработки воды ультрафиолетовым излучением.

Возможность применения технологии обеззараживания УФ-излучением определяется качеством воды, поступающей на обеззараживание. Диапазон физико-химических показателей качества воды, рекомендуемых для применения метода УФ-обеззараживания, является достаточно широким. На процесс УФ-обеззараживания не оказывают влияние рН и температура воды. Присутствие в воде ряда органических и неорганических веществ, поглощающих УФ-излучение, приводит к снижению фактической дозы облучения, обеспечиваемой УФ-установками. Влияние качества воды на пропускание излучения должно быть учтено при выборе УФ-оборудования.

При превышении хотя бы одного из показателей рекомендуется проведение дополнительных исследований.

должна быть предусмотрена аварийная индикация, своевременно предупреждающая о росте температуры внутри камеры. Перечисленные выше функции – необходимый минимум для стабильной и эффективной работы УФ-системы. Если качество воды, определяемое коэффициентом пропускания, и расход меняются в широких пределах – целесообразно использовать систему регулировки мощности. Система регулировки мощности позволяет снижать мощность ламп при изменении одного из параметров, тем самым уменьшая расходы на электроэнергию.

Таким образом, проанализировав работу и механизмы УФ-облучения, можно выделить преимущества и недостатки от использования данной технологии.

К преимуществам УФ-обеззараживания можно отнести:

- эффективная обработка больших объемов питьевой воды;
- облучение ультрафиолетовыми лучами абсолютно не меняет физическую и химическую структуру, сохраняя все ее природные характеристики;
- уничтожается высокий процент всех болезнетворных бактерий и микроорганизмов;
- соотношение эффективность – стоимость – это самый выгодный и безопасный метод дезинфекции, абсолютно безопасный для здоровья человека;
- метод позволяет провести надёжное обеззараживание не только в отдельных ёмкостях, но и при движущемся потоке;
- в отличие от применения реагентов, превысить дозу облучения практически невозможно, поэтому УФ обеззараживание питьевой воды абсолютно безопасно, исключен фактор непредвиденных ситуаций;
- скорость обработки позволяет существенно снизить себестоимость дезинфекции.

Предварительная очистка ультрафиолетом сокращает расход химических реагентов и гарантирует сохранение природной структуры жидкостей.

Однако очистка воды ультрафиолетовым излучением имеет и собственные недостатки:

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

- воздействие ультрафиолетового излучения кратковременно и не имеет продолжительного действия, за счет чего вода при выходе из ультрафиолетовой установки более не обеззараживается;

- если процент железа в воде превышает определенный показатель, то эффективность УФ лучей снижается, поэтому необходимо дополнительное обезжелезивание;

- наличие в воде крупных примесей снижает эффективность бактерицидной обработки. Взвеси создают непроницаемую оболочку, через которую не могут проникнуть бактерицидные лучи. Поэтому (УФ) обеззараживание воды ультрафиолетом можно выполнять после тщательно физической многоступенчатой фильтрации.

Важно понимать, что питьевая вода абсолютно безопасна только при действии бактерицидного облучения. При дальнейшем прохождении по старым трубам и коллекторам возможно повторное попадание в жидкость болезнетворных микроорганизмов.

По этой причине УФ установки очистки должны быть установлены на последнем, финальном этапе очистки питьевой воды.

3 ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ АГРОКОМПЛЕКСА

3.1 Выбор схемы водоснабжения агрокомплекса

Технологическое решение продиктовано качественным составом исходной воды, организация водоснабжения по двум водоводам - техническому и хозяйственно-питьевому.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Подготовку воды для потребителей с различными требованиями по качеству предполагает осуществлять очередно и локально, в соответствии с требуемым качеством:

1) Для технологических целей (тепличный комплекс, котельная) – вода технического качества, в соответствии с требованиями [4].

2) Для хозяйственно-питьевых целей (питьевые точки, душевые, столовая)

– вода качества, соответствующего требованиям [3].

Учитывая состав воды и требования к ее качеству, предлагаем схему подготовки воды, состоящую из следующих технологических ступеней:

– фильтрация от крупных механических включений на дисковых фильтроэлементах;

– аэрация;

– реагентная обработка воды – окисление, обеззараживание, рН корректировка;

– реагентная обработка;

– фильтрация на напорных фильтрах с многослойной загрузкой;

– фильтрация на напорных фильтрах на каталитической загрузке;

– сорбционная очистка;

– мембранная фильтрация (обратный осмос).

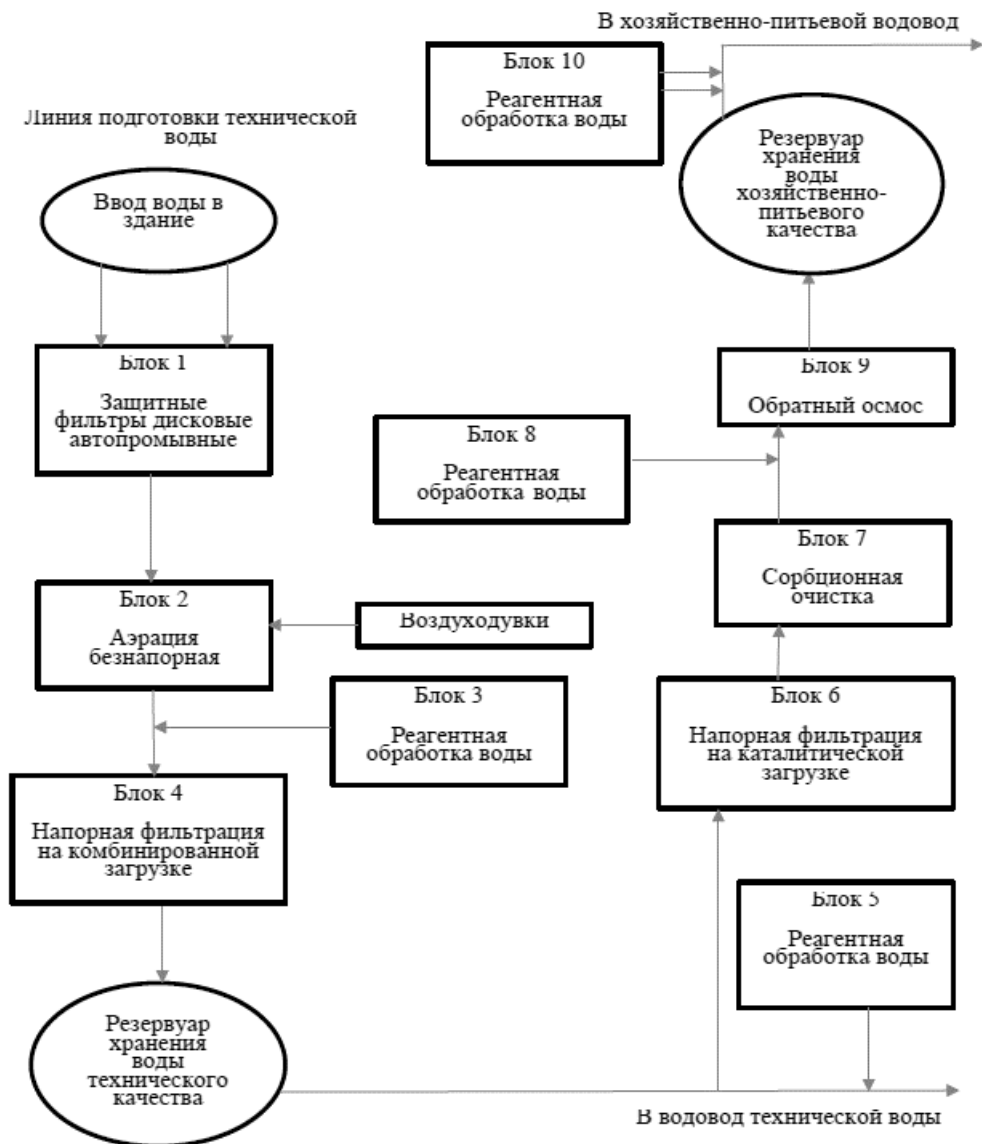


Рисунок 3.1. – Блок-схема станции подготовки воды

3.2 Расчет и подбор оборудования

Подбор сооружений для технических нужд.

Расчет потребного количества скважин.

После определения максимальной пропускной способности фильтра скважины определим расход насоса, установленного в скважине. Нужно стремиться к тому, чтобы производительность устанавливаемого насоса была не больше расчетной пропускной способности фильтра Q_{max} . Исключение может составить лишь случай, если более высокопроизводительный насос, выбранный

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

для установки, будет обладать меньшей мощностью. В этом случае предполагается работа насоса с прикрытой задвижкой или с измененным числом оборотов электродвигателя.

Поскольку фактический дебет скважины равен производительности установленного в ней насоса, то общее число рабочих скважин определим как:

$$n_{\partial} = \frac{Q_{\hat{a}}}{Q_{\hat{I}}} = \frac{12545,25}{1320} = 9,5 = 10 \text{ скважин}$$

где $Q_{\hat{B}}$ – заданная производительность водозабора, м³/сут

$Q_{\hat{H}}$ – производительность выбранного насоса, м³/сут

Количество резервных скважин определяется по формуле:

$$n' = 0,2 * n = 0,2 * 10 = 2$$

Общее количество скважин: 12 шт.

Определение требуемого напора насосов.

Вода, забираемая из скважины без предварительной очистки сразу подается в сеть В-3 по напорным трубопроводам D 500 мм, протяженностью 2,5 км. Вода необходима:

1 Для подпитки циркуляционной охлаждающей воды. Данный расход составляет 1174,25 м³/сут. Данная вода поступает в резервуары холодной воды.

2 Для подпитки циркуляционной производственной воды. Данный расход составляет 11371 м³/сут. Данная вода поступает в резервуары условно чистой воды.

Резервуары условно чистой воды находятся на более высокой геометрической отметке. Следовательно напор насосов первого подъема будет рассчитываться по формуле:

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$H_{тр} = H_{геом} + \sum h = 88 + 5,35 = 93,35 \text{ м}$$

$H_{геом}$ – геометрическая высота подачи воды;

$\sum h$ – суммарные потери напора в водоводе от скважины до резервуаров условно чистой воды, 5,35 м;

$$H_{геом} = Z_{ручв} - Z_{скваж} = 101 - 13 = 88 \text{ м}$$

$Z_{ручв}$ – уровень воды в резервуаре условно чистой воды, 101.00.

$Z_{скваж}$ – минимальный уровень воды в скважине, 13.00

По требуемому напору (100 м) и производительности (55 м³/ час) подбираем насос SP45–21 диаметр которого 154 мм, диаметр двигателя 186, максимальная длина насоса 2397, длина двигателя 1015.

Вода потребителю транспортируется по двум напорным трубопроводам диаметром 500 мм каждый.

Умягчение воды.

Промышленная вода для пятого цеха не отвечает требуемым показателям по жесткости. Жесткость воды необходимо снизить до 0,1 мг/л. Для этого, для данного цеха предусматриваем умягчение воды на натрий-катионитовых фильтрах. Фильтры устанавливаем непосредственно в цехе.

Натрий-катионитовый метод следует применять для умягчения подземных вод и вод поверхностных источников с мутностью не более 5-8 мг/л и цветностью не более 30⁰. При натрий-катионитовом методе щелочность воды не изменяется. При одноступенчатом натрий-катионировании общая жесткость воды может быть снижена до 0,05-0,1 г-экв/м³.

Схема натрий-катионитового фильтра представлена в приложении К.

Объем катионита в фильтрах первой ступени следует определять:

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$$W_{\dot{e}} = \frac{24 * q_{\dot{o}} * E_{i\dot{e}n\dot{o}}}{n_p * E_{\dot{\delta}\dot{\alpha}\dot{\alpha}}^{Na}}$$

$q_{\dot{o}}$ – расход умягченной воды м³/ч, 370,8;

$E_{i\dot{e}n\dot{o}}$ – общая жесткость исходной воды, Г-экв/м³;

n_p – число регенераций одного фильтра в сутки, принимается 2 регенерации;

$E_{\dot{\delta}\dot{\alpha}\dot{\alpha}}^{Na}$ – рабочая объемная емкость катионита при натрий-катионировании, Г-экв/м³, следует определять:

$$E_{\dot{\delta}\dot{\alpha}\dot{\alpha}}^{Na} = \alpha * \beta * \dot{A}_{i\dot{e}i} - 0,5 * q_{\dot{o}\dot{\alpha}} * E_{i\dot{e}n\dot{o}} \quad (66)$$

α – коэффициент эффективности регенерации натрий-катионита, учитывающий неполноту регенерации катионита, определяется по таб.1 [2];

β – коэффициент, учитывающий снижение объемной емкости катионита по Ca²⁺ и Mg²⁺ вследствие частичного задержания катионитов Na⁺, принимается по таб.2 [2];

$\dot{A}_{i\dot{e}i}$ – полная объемная емкость катионита, Г-экв/м³, принимается для сульфатугля крупностью 0,5-1,1 мм – 500 Г-экв/м³;

$q_{\dot{o}\dot{\alpha}}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, , принимается для КУ-2 крупностью 0,8-1,2 мм – 4;

$$E_{\dot{\delta}\dot{\alpha}\dot{\alpha}}^{Na} = 0,62 * 0,716 * 500 - 0,5 * 4 * 9 = 203,96 \quad \text{Г-ЭКВ/М}^3$$

$$W_{\dot{e}} = \frac{24 * 370,8 * 9}{2 * 203,96} = 196,3 \quad \text{М}^3$$

Площадь катионовых фильтров первой ступени определяется:

$$F_k = \frac{W_k}{H_k}$$

H_k - высота слоя катионита в фильтре, принимается 2м.

$$F_k = \frac{196,3}{2} = 98,15 \text{ м}^2$$

Количество фильтров принимают: рабочих не менее 2, резервных 1.

Принимаем фильтры типа ФИПа 1-3,0-6, площадь одного фильтра 7,1 м²

Количество фильтров:

$$N = F_k / f_k = 98,15 / 7,1 = 13,8 = 14 \text{ фильтров}$$

Скорость фильтрования воды через катионит для напорных фильтров первой ступени не должна превышать 15 м/ч.

Потеря напора в напорных катионитовых фильтрах составляет 5,5 м.

Интенсивность подачи воды для взрыхления катионита при крупности 0,5-1,1 мм принимаем 4 л/(с*м²).

Регенерацию загрузки катионитовых фильтров следует предусматривать технической поваренной солью. Расход поваренной соли на одну регенерацию натрий-катионитового фильтра первой ступени следует определять:

$$D_{\bar{n}} = f_k * H_k * E_{\delta\delta\acute{a}}^{Na} * a_c / 1000 \text{ кг}$$

f_k – площадь одного фильтра, м²;

H_k – высота слоя катионита в фильтре, м;

$E_{\delta\delta\acute{a}}^{Na}$ – рабочая объемная емкость катионита экв/м³;

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

a_c – удельный расход соли на 1 г-экв рабочей объемной емкости катионита, принимается 120-150 г/г-экв для фильтров первой ступени;

$$P_c = 7,1 * 2 * 203,96 * 120 / 1000 = 347,55 \text{ кг}$$

Скорость фильтрации регенерационного раствора через катионит фильтров первой ступени следует определять 3–4 м/ч.

Так как количество соли необходимое на регенерацию фильтров составляет более 50 кг/сут, предусматриваем мокрое хранение соли.

Хранение поваренной соли предусматриваем в помещении где находятся фильтры. Запас соли необходимый для работы фильтров в течение 15 дней:

$$Q = 347,55 * 2 * 14 * 15 = 145970 \text{ кг}$$

Схема солевого хозяйства для регенерации Na – катионитовых фильтров представлена в приложении Г.

Объем баков для мокрого хранения соли $W_{\text{мх}}$ в м^3 определяется:

$$W_{\text{мх}} = \frac{Q * A_0 * m * a}{b * 10^4 * \gamma}$$

Q – расход воды на Na – катионитовые фильтры в $\text{м}^3/\text{сут}$;

J_0 – удаляемая при Na – катионировании жесткость воды в г-экв/ м^3 ;

a – удельный расход соли на регенерацию катионита;

b – концентрация раствора 26%;

γ – плотность раствора соли, 1,197

m – число дней хранения запаса соли.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$W_{\text{мх}} = \frac{8900 * 8,95 * 15 * 120}{26 * 10^4 * 1,197} = 460,69 \text{ м}^3$$

Принимаем к установке 1 бак, объемом 460,8 м³, с размерами 14 х 14, высотой 3,2 м.

Число регенераций каждого фильтра в сутки 2-а раза. Межрегенерационный период работы фильтра составит:

$$T = 24/n - t_{\text{рег}}$$

$t_{\text{рег}}$ – время регенерации натрий-катионитовых фильтров, принимают 2-а часа.

$$T = 24/2 - 2 = 10$$

Количество одновременно регенерируемых фильтров определяется:

$$N_{\text{оп}} = n * N * t_{\text{ддд}} / 24 = 2 * 14 * 2 / 24 = 2,3 = 3$$

Т. к. $N_{\text{оп}} = 3$, то одновременно регенерировать будут 3-и фильтра. Расход соли перед подачей его на регенерацию следует осветлять на солерастворителях.

Следовательно принимаем к установке 3-и солерастворителя емкостью 0,9 м³, площадь фильтра 0,76 м², высота слоя загрузки 500 мм.

После солерастворителя, 26% раствор соли попадает в расходный бак крепкого раствора соли, объем которого определяется:

$$W_{\text{мх}} = \frac{Q * E_0 * a}{b * 10^4 * \gamma}$$

$$W_{\text{мх}} = \frac{8900 * 8,95 * 120}{26 * 10^4 * 1,197} = 30,7 \text{ м}^3$$

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Принимаем к установке бак диаметром 3м, высотой 4,4 м.

Расчет расходов воды на собственные нужды.

Расход 100% соли Q_c на одну регенерацию определяют:

$$Q_c = E_{\text{раб}}^{\text{Na}} * f * H_k * a / 1000 = 203.96 * 7.1 * 2 * 120 / 1000 = 347.55 \text{ кг}$$

Принятый удельный расход соли должен обеспечить заданную остаточную жесткость фильтра и целесообразную обменную способность катионита.

Суточный расход технической соли Q_{cc} определяют:

$$Q_{cc} = Q_c * n * N * 100 / 96.5 = 347.55 * 2 * 14 * 100 / 96.5 = 10084.35 \text{ кг/сут}$$

96,5 – содержание NaCl в технической соли.

Расход воды на регенерацию натрий катионитовых фильтров складывается из:

1. Расход воды на взрыхляющую промывку:

$$Q_{\text{вз}} = I * f * 60 * t_{\text{вз}} / 1000 \text{ м}^3$$

I – интенсивность взрыхляющей промывки, принимается 4 л/с * м²

$t_{\text{вз}}$ – продолжительность взрыхляющей промывки, 15 мин.

$$Q_{\text{вз}} = 4 * 7,1 * 60 * 15 / 1000 = 25,56 \text{ м}^3$$

2. Расход воды на приготовление регенерационного раствора соли:

$$Q_{\text{дн}} = Q_c * 100 / (1000 * b * \gamma)$$

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

b – концентрация регенерационного раствора, принимаемая 8%;

γ – удельный вес регенерационного раствора, 1,056.

$$Q_{pc} = 347,55 * 100 / (1000 * 8 * 1,056) = 4,1 \text{ м}^3$$

3. Расход воды на отмывку катионита определяется:

$$Q_{i\grave{o}} = q_{\acute{o}\grave{a}} * f * H_k = 4 * 7.1 * 2 = 56.8 \text{ м}^3$$

$q_{\acute{o}\grave{a}}$ - удельный расход воды на отмывку катионита, 4 м³/м³

Расход воды на регенерацию одного фильтра без использования отмывочной воды на взрыхляющую промывку составит:

$$Q = Q_{\acute{a}\grave{c}} + Q_{\acute{o}\grave{n}} + Q_{i\grave{o}} = 25.56 + 4.1 + 56.8 = 86.46 \text{ м}^3$$

Суточный расход фильтров на регенерацию фильтров составит:

$$Q_{\text{п\acute{o}д}} = Q_p * n * N = 86.46 * 2 * 14 = 2420.88 \text{ м}^3 / \text{п\acute{o}д}$$

3.3 Гидравлический расчет трубопроводов

Трубопровод – инженерное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

В России трубопроводный транспорт считается частью транспортной инфраструктуры.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Виды водопроводных труб:

- Стальные трубы;
- Стальные трубы с цинковым покрытием (оцинковка);
- Медные трубы для водопровода;
- Металлопластиковые трубы для водопровода;
- Пластиковые водопроводные трубы.

Герметизация трубных резьбовых соединений - особая тема.

Стоит выделить три основные категории герметизации соединений:

1) Прокладки. Для их использования нужен достаточной толщины торцевые срез трубы; чаще всего они используются между накидной гайкой и элементами арматуры, так как торец трубы редко обеспечивает идеальную поверхность достаточной площади, чтоб равномерно сжать прокладку.

2) Подмотка резьбы. Уплотнение резьбы при помощи разнообразных материалов: натуральных и синтетических волокон, жидких и твердеющим герметиков, полимерных лент и прочая, и прочая.

3) Герметизация за счет деформации материала. Этим способом герметизируются трубные резьбовые соединения с использованием пластиковых труб в трубопроводах низкого давления. Пластиковая труба с наружной резьбой просто вкручивается до упора во внутреннюю резьбу; при этом пластик, деформируясь, прекрасно заполняет мельчайшие поры резьбы.

Для полиэтиленовых труб ПЭ100 SDR17 был выбран безрезьбовой способ соединения – стыковая сварка, осуществляющаяся благодаря специальному нагревательному аппарату HDC 315.

Для транспортирования воды от источников к объектам водоснабжения служат водоводы. Их выполняют из двух или более ниток трубопроводов, укладываемых параллельно друг другу. Для подачи воды непосредственно к местам ее потребления (жилым зданиям, цехам промышленных предприятий) служит водопроводная сеть. При трассировании линий водопроводной сети необходимо учитывать планировку объекта водоснабжения, размещение отдельных потребителей воды, рельеф местности и т.д.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

По конфигурации в плане различают водопроводные сети разветвленные или тупиковые, и кольцевые или замкнутые. Разветвленные водопроводные сети выполняют для небольших объектов водоснабжения, допускающих перерывы в снабжении водой. Эти сети целесообразны при сосредоточенном потреблении воды в отдаленных друг от друга точках сети.

Кольцевые водопроводные сети выполняют при необходимости бесперебойного водоснабжения, что гарантируется в данном случае возможностью двухстороннего питания водой любого потребителя.

Протяженность и стоимость кольцевых сетей больше, чем разветвленных. В хозяйственно-питьевых и производственных водопроводах, как правило, применяют кольцевые сети вследствие их способности обеспечивать бесперебойную подачу воды. В противопожарных водопроводах устройство кольцевой сети обязательно. В водопроводной сети различают магистральные (главные) и распределительные (второстепенные) линии. Расчет проводят только для магистральных линий.

При проектировании водоводов и сетей надлежит предусматривать:

- предохранение транспортируемой воды от замерзания,
- обеспечение устойчивости трубопроводов на вечномерзлых грунтах с учетом механического воздействия оттаивающих и промерзающих на трубопроводы и сооружения на них,
 - защиту вечномерзлых фунтов оснований от воздействия на них воды при авариях на трубопроводах,
 - организацию контроля за тепловым воздействием их на основания трубопроводов и вблизи расположенных зданий и сооружений.

При размещении сетей водопровода, а генеральном плане следует предусматривать:

- максимальное совмещение с сетями теплоснабжения,
- минимальную протяженность сетей,
- использование блокировки зданий, позволяющих прокладывать сети на подвесках в вентилируемых подпольях,

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

сокращение числа подключений к сети водопровода за счет присоединения нескольких зданий к одному вводу водопровода. Способы прокладки трубопроводов:

- надземная прокладка,
- подземная прокладка трубопроводов.

Надземная прокладка, исключая тепловое воздействие трубопроводов на грунт основания, должна предусматриваться на лежневых, городковых, подвесных, свайных опорах, на мачтах, эстакадах и по конструкциям зданий и сооружений в вентилируемых подпольях зданий.

При надземной прокладке трубопроводов надлежит принимать кольцевую тепловую изоляцию из нестареющего теплоизоляционного материала с гидроизоляцией и защитой от механических повреждений. Водоводы и сети, прокладываемые надземно, при любых способах компенсации температурных деформаций трубопроводов надлежит прокладывать ближе к поверхности земли в слое снежного покрова.

Подземная прокладка трубопроводов должна приниматься на основе теплотехнических расчетов, при этом в летнее время зона протаивания грунта вокруг трубы не должна влиять на устойчивость оснований трубопроводов и близрасположенных зданий и сооружений, а в зимнее время - должна предохранять транспортируемую жидкость от замерзания.

При защите водопроводных труб от замерзания автоматическими выпусками воды или греющим электрическим кабелем допускается прокладка их в слое сезонного промерзания грунта.

Переходы трубопроводов через улицы и дороги в каналах или стальных футлярах надлежит ограничивать колодцами с размещением в них вентиляционных шахт и водосборных приемков и прокладывать только по непросадочным (на расчетную глубину протаивания) грунтам оснований.

Тип оснований под трубы необходимо принимать в зависимости от несущей способности грунтов. Во всех грунтах, кроме скальных и илах, трубы следует укладывать на естественный грунт, обеспечить при этом выравнивание.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

На скальных грунтах следует предусматривать песчаное основание, толщиной 10 см.

На грунтах с несущей способностью меньше 0,8 кг/см следует предусматривать искусственное основание из бетона либо подсыпку слоем до 0,5 м.

Сети хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения агрокомплекса будут запроектированы кольцевыми для обеспечения большей надежности в подаче воды. Прокладка сети будет осуществляться подземным способом в траншее на песчано-щебеночное основание.

Прокладка сети производственного водоснабжения предусмотрена из труб ПЭ100 SDR17 Ø110, 160, 200 мм в соответствии с [13].

Наружное пожаротушения будет осуществляться из противопожарного водопровода, объединенного с производственным водопроводом.

В соответствии с [7] при площади агрокомплекса до 150 га расчетное количество пожаров – один пожар. Продолжительность тушения пожара принимается 3 ч. Расход воды на наружное пожаротушение зданий при степени огнестойкости конструкций здания III, категории производства по пожарной опасности – В, классе функциональной пожарной опасности – Ф5.1 принимается равным 20 л/с. Расчетный расход воды на тушение пожара должен быть обеспечен при наибольшем расходе воды на другие нужды, при этом расход воды в агрокомплексе на полив растений в теплицах не учитывается.

Водопроводные колодцы на проектируемых сетях предусматриваются из сборных железобетонных элементов по т.п. 901-09-11.84, камеры по нормам 02.028.АС.

Гидроизоляция днищ колодцев и камер – штукатурная асфальтовая из горячего асфальтового раствора толщиной 10 мм по огрунтовке разжиженным битумом. Наружная гидроизоляция стен и плит перекрытия - окрасочная из горячего битума, наносимого в несколько слоев (не менее двух) общей толщиной 4–5 мм, по огрунтовке из битума, растворенного в бензине. На стыках сборных

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

железобетонных колец при этом следует предусматривать наклейку полос гнилостойкой ткани шириной 20 – 30 см.

Расчет сети и подбор диаметров водоводов и распределительных трубопроводов был произведен в соответствии с [17].

Гидравлический расчет кольцевой сети производственного водоснабжения будет представлен в таблице 5.4.1.

Подбор диаметров водоводов и распределительных трубопроводов, подводящих воду технического качества к основным потребителям, будет представлен в таблице 5.4.2.

Увязка сети производственного водоснабжения при пропуске противопожарного расхода буде представлена в таблице 3.1.

Подбор диаметров водоводов и распределительных трубопроводов, подводящих воду технического качества к основным потребителям, будет представлен в таблице 3.2.

Увязка сети производственного водоснабжения при пропуске противопожарного расхода буде представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.1 – Увязка производственной водопроводной сети

№ участка	Длина l, м	Расход q, л/с	Диаметр d, мм	Скорост ь V, м/с	1000i	h = i · l, м
1 кольцо						
Движение воды в магистралях против часовой стрелки						
1-2	25,4	19,79	200	0,95	5,77	-0,146
2-3	668,4	5,34	110	0,85	9,81	-6,557

Продолжение таблицы 3.1

$\Sigma h_1 = -6,703$						
Движение воды в магистралях по часовой стрелке						
1-3	915,7	19,79	200	0,95	5,77	+5,284

$\Sigma h_2 = +5,284$						
$\Sigma h_{\text{сумм.1 кольцо}} = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 = +5,284 - 6,703 = -1,419$						
2 кольцо						
Движение воды в магистралях против часовой стрелки						
4-5	5,4	12,57	160	0,93	7,30	-0,039
$\Sigma h_1 = -0,039$						
Движение воды в магистралях по часовой стрелке						
4-5	298,9	12,57	160	0,93	7,30	+2,181
$\Sigma h_2 = +2,181$						
$\Sigma h_{\text{сумм.2 кольцо}} = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 = +2,181 - 0,039 = +2,142$						

Суммарная невязка по общему контуру сети рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} \Sigma h_{\text{сумм.общ.}} &= \Sigma h_{\text{сумм.1 кольцо}} + \Sigma h_{\text{сумм.2 кольцо}} \\ &= -1,419 + 2,142 = +0,723 \text{ м,} \end{aligned}$$

где $\Sigma h_{\text{сумм.1 кольцо}}$ – суммарная невязка по 1-му кольцу;

$\Sigma h_{\text{сумм.2 кольцо}}$ – суммарная невязка по 2-му кольцу.

Невязка по контуру сети входит в допустимые пределы менее 1 м ($0,723 < 1$). Следовательно, сеть можно считать увязанной.

Таблица 3.2 – Определение диаметров водоводов и распределительных трубопроводов производственной сети, подводящих воду к основным потребителям

Наименование участка	l, м	q, л/с	d, мм	V, м/с	1000I	h = i * l, м
от магистрали до	27,6	14.45	160	1,08	9.49	0,261

тепличного комплекса						
от камеры переключения №2 до камеры переключения №3	97.4	17,59	200	0,83	4.55	0,443
	94,5	17,59	200	0,83	4.55	0.430
от магистрали до котельной	31.1	25.13	200	1,19	8.57	0,266

Таблица 3.3 – Определение диаметров водоводов и распределительных трубопроводов производственной сети, подводящих воду к основным потребителям

№ участка	Длина l, м	Расход q, л/с	Диаметр d, мм	Скорость V, м/с	1000i	h = i · l, м
1 кольцо						
Движение воды в магистралях против часовой стрелки						
1-2	25,4	9	200	0,43	1,40	-0,036
2-3	668,4	9	110	1,41	24,30	-16,242
$\Sigma h_1 = -16,278$						
Движение воды в магистралях по часовой стрелке						
1-3	915,7	36,13	200	1,71	16,40	+15,017
$\Sigma h_2 = +15,017$						
$\Sigma h_{\text{сумм.1}} = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 = -16,278 + 15,017 = -1,261$						
2 кольцо						
Движение воды в магистралях против часовой стрелки						
4-5	5,4	28,92	160	2,16	32,50	-0,176
5-6	154,2	3,8	160	0,28	0,88	-0,136
$\Sigma h_1 = -0,312$						

Продолжение таблицы 3.3

№ участка	Длина l, м	Расход q, л/с	Диаметр d, мм	Скорость V, м/с	1000i	h = i · l, м
-----------	------------	---------------	---------------	-----------------	-------	--------------

Движение воды в магистральных по часовой стрелке					
4-6	144.7	16,2	160	1,19 11.30	+1,636
$\Sigma h_2 =$					= +1,636
$\Sigma h_{\text{сумм.2 кольцо}} = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 = +1,636 - 0,312 = +1,324$					

Суммарная невязка по общему контуру сети при пропуске пожарного расхода рассчитывается по формуле:

$$\Sigma h_{\text{сумм.общ.}} = +1,324 - 1,261 = +0,063 \text{ м}$$

Невязка по контуру сети входит в допустимые пределы менее 1 м (0,063 < 1). Следовательно, сеть можно считать увязанной.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

4 ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

4.1 Общие сведения

Для водоснабжения тепличного хозяйства необходимо проложить трубопровод от насосной станции I-ого подъема до здания водоподготовки. Строительство будет вестись открытым способом, система напорная из полиэтиленовых труб диаметром 110х6,6мм. Эластичность материала и малый вес полиэтиленовых труб дает им определенные преимущества перед трубами из «жестких» материалов, таких как чугун и стеклопластик. В частности, при строительстве трубопроводов, зачастую на бровке траншеи свариваются отдельные плети максимальной длины (от колодца до колодца) которые затем опускаются в траншею, где остается выполнить их подсоединение к арматуре или сварить несколько монтажных стыков.

В этом случае, можно значительно уменьшить ширину траншеи, что приводит к сокращению количества земляных работ, ограничению массы материала, поставляемого для подсыпки и отмене необходимости в его транспортировании. Хотя траншея может быть максимально узкой, она должна обеспечить возможность качественного уплотнения грунта.

Работы по устройству траншей для трубопроводов из полиэтилена проводятся с соблюдением обычных мер безопасности. Водопроводные трубы из полиэтилена ПЭ100 выпускаются по ГОСТ 18599-2001, длиной отрезка $L = 12,0$ м, толщина стенки трубы $b = 6.6$ мм .

Профиль траншеи для прокладки полиэтиленовых трубопроводов определяется проектом. Ширина определяется исходя из условий обеспечения удобства проведения монтажных работ. На уровне горизонтального диаметра трубопровода >710 мм траншея должна соответствовать наружному диаметру трубы + 0,4 м.

Дно траншеи должно быть выровнено, без промерзших участков, освобождено от камней и валунов. Места выемки валунов должны быть засыпаны

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

- между частями, которые нужно соединить, помещают нагревательный элемент;
- торцы разогревают до оплавления, а нагревательный элемент удаляют из зоны сварки;
- расплавленные концы труб прижимают друг к другу, выдерживая заданное усилие и давление, пока они не охладятся.

Чтобы оценить качество шва, проверяют валики вокруг стыка — грат, образующийся после термической обработки. Учитываются его форма и размер.

В качестве сварочного аппарата будет использоваться траншейная сварочная машина ECOS-250 с диапазоном свариваемых диаметров от 75 до 250 мм.

Для глубоких траншей (свыше 4 м) степень уплотнения — 90%. Для остальных случаев — 85% или согласно указаниям, данным в проекте. Трамбовку необходимо производить слоями толщиной от ОД до 0,3 м, утрамбовывая каждый слой. Толщина утрамбовываемых слоев зависит от оборудования и условий уплотнения. При выполнении этой задачи необходимо быть внимательным. Уплотнение первого слоя (до уровня оси трубы) не должно привести к ее поднятию. Трамбовку необходимо выполнять одновременно с двух сторон трубопровода, во избежание его перемещения. При подсыпке грунта и засыпке трубопровода следует следить, что бы грунт не содержал крупных включений. Трамбовку грунта непосредственно над трубой производят, предварительно обеспечив расстояние не менее 0,3 м до ее поверхности.

К окончательной засыпке траншеи можно приступить после выполнения засыпки трубопровода и трамбовки грунта.

Во время выполнения засыпки над трубопроводом рекомендуется поместить сигнальную ленту. Над газопроводами предупредительная лента помещается в обязательном порядке. Для того, чтобы в дальнейшем легче было идентифицировать трубопроводы, применение такой ленты рекомендуется также на других трубопроводах.

Для засыпки можно применять грунт, вынутый из траншеи, или другой, согласно указаниям проекта. Диаметр частиц материала, применяемого для

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

засыпки траншеи, не должен превышать 300 мм. Нельзя сбрасывать в траншею камни, щебень с острыми краями и больших размеров. Грунт не должен быть замороженным и окомкованным.

Длина трассы водопровода составляет 668,4 м.

4.1 Определение параметров траншеи

Глубина промерзания грунта в п. Горный Челябинской области составляет $h_{пр}=1,80$ м. Глубину заложения по верху трубопровода примем $h_{тр}=2,3$ м. Крутизна откосов для суглинка при глубине выемки до 3 метров согласно [10] составляет 1:0,5.

Монтаж трубопровода принимаем отдельными трубам. Наружный диаметр трубопровода $D=110$ мм, тогда минимальная ширина траншеи понизу будет:

$$b=D+0,8\text{м}$$

$$b=110+800=910\text{мм}=0,91\text{ м}$$

Перед устройством траншеи необходимо срезать растительный слой. Принимаем толщину срезки растительного слоя 0,2м, тогда глубина траншеи после срезки растительного слоя составит $h_{тр}'=2,3-0,2=2,1$ м. Ширина траншеи поверху составит 3,02м, т.к. крутизна откосов траншеи суглинков 1:0,5.

Грунт из траншеи выгружается в рядом расположенную насыпь.

Площадь поперечного сечения насыпи:

$$S_{\text{нас}} = 1,21 \times \left(\frac{0,92+3,02}{2} \times 2,1 - 2 \times \frac{3,14 \times 0,11^2}{4} \right) = 4,98 \text{ м}^2$$

С другой стороны, площадь насыпи определяется как площадь треугольника (условно считаем, что насыпь имеет вид равнобедренного треугольника). Тогда:

$$h_{\text{нас}} = \sqrt{4,98} = 2,232 \text{ м}$$

$$b_{\text{нас}} = 2 \times 2,232 = 4,46 \text{ м}$$

При устройстве стыков в сборном трубопроводе необходимо устраивать

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

прямки. Прямки будут иметь следующие характеристики:

Длина прямка – 0,5м;

Ширина прямка – $0,11+0,4=0,51$ м;

Глубина прямка – 0,3м.

Со стороны крана для доставки труб необходимо устроить проезжую часть шириной 3,5м для одностороннего движения.

4.2 Подсчет объемов земляных работ

- Ширина полосы срезки:

$$V_{\text{раст}} = 15,670 \text{ м}$$

- Площадь снятия растительного слоя:

$$S_{\text{раст}} = 15,67 \times 668,4 = 10474 \text{ м}^2$$

Срезка растительного слоя производится бульдозером.

- Разработка грунта в траншее экскаватором:

- Величина недобора $h_{\text{нед}} = 0,2$ м;

- Объем грунта разрабатываемого экскаватором:

$$V_{\text{экск}} = \frac{0,92+3,02+0,2}{2} \times (2,1-0,2) \times 668,4 = 2630 \text{ м}^3$$

- Объем грунта погружаемого в транспортное средство:

$$V_{\text{погр}} = \frac{3,14 \times 0,11^2}{4} \times 668,4 = 6,348 \text{ м}^3$$

- Объем грунта остающегося на площадке:

$$V_{\text{навым}} = 2630 - 6,348 = 2623,652 \text{ м}^3$$

- Объем грунта разрабатываемого вручную:

$$V_{\text{нед}} = \frac{0,92}{2} \times 0,2 \times 668,4 = 61,5 \text{ м}^3$$

- Объем прямка:

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

$$V'_{\text{пр}} = 0,5 \times 0,52 \times 0,3 = 0,078 \text{ м}^3$$

Количество прямков на трассе:

$$N_{\text{тр}} = 668,4 \div 12 = 55,7 \approx 56$$

- Объем всех прямков составит:

$$V_{\text{пр.}} = 56 \times 0,078 = 4,368 \text{ м}^3$$

- Объем всего грунта разрабатываемого вручную:

$$V_{\text{вручн}} = 61,5 + 4,368 = 65,868 \text{ м}^3$$

- Объем работ при засыпке перед испытанием:

$$V_1 = \frac{0,92 \times 10,18 + 11,5 \times 0,51}{2} \times 0,66 - \frac{3,14 \times 0,11^2}{4} \times \frac{11,5 + 10,18}{2} = 4,918 \text{ м}^3$$

- Объем засыпки для всех труб:

$$V_1^{\text{общ}} = 4,918 \times 56 = 275,408 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{общ}} = \frac{(0,51 + 0,92)}{2} \times 0,66 \times 668,4 + 15,372 - \frac{3,14 \times 0,11^2}{4} \times 668,4 = 324,441 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 324,441 - 275,408 = 49,033 \text{ м}^3$$

- Объем работ при засыпке траншеи бульдозером:

$$V_3 = 1,44 \times \frac{0,92 + 3,02}{2} \times 668,4 = 1897 \text{ м}^3$$

- Объем при разработке грунта:

$$V_3^{\text{разр}} = 1,16 \times 1897 = 2201 \text{ м}^3$$

- Объем вывозимого грунта:

$$V_{\text{сам}} = 6,348 \times 1,21 = 7,681 \text{ м}^3$$

- Объем разравниваемого растительного грунта:

$$V_{\text{разр. раст. гр.}} = 16,4 \times 668,4 \times 0,3 \times 1,16 = 3814,69 \text{ м}^3$$

4.3 Подсчет объемов монтажных работ

Таблица 4.3.1 – Ведомость объемов работ

Наименование работ	Единицы измерения	Объем работ
1.Срезка растительного слоя бульдозером	1000м ² очищенной поверхности	10,474
2. Разработка грунта в траншее навывмет (в отвал) одноковшовым экскаватором оборудованным обратной лопатой	100м ³ грунта	26,23
3. Разработка грунта в траншее с погрузкой в транспортное средство	100м ³ грунта	0,06
4. Разработка грунта в траншее вручную с выкидкой	1м ³ грунта	65,868
5. Укладка полиэтиленовых труб в траншею со сваркой стыков	1м трубопровода 1 стык	668,4 56
6. Засыпка грунтом траншеи с трамбованием перед испытанием	1м ³ грунта	275,41
7. Испытание трубопровода	1м трубопровода	668,4
8. Засыпка грунта после испытания	1м ³ грунта	49,03
9. Засыпка траншеи бульдозером	100м ³ грунта	18,97

Наименование работ	Единицы измерения	Объем работ
10. Разравнивание растительного грунта	100м ³ грунта	38,14

4.4 Подбор машин для производства работ

Таблица 4.4.1 – Ведомость машин и механизмов

Наименование	Марка	Количество	Технические характеристики
1. Одноковшовый экскаватор, оборудованный обратной лопатой	ЭО-3323А	1	Вместимость ковша – 0,5м ³ Наибольшая глубина копания – 4,95м Наибольший радиус копания – 7,94м Наибольшая высота выгрузки – 6,15м Масса экскаватора – 14т
2. Бульдозер на базе трактора	Б-10 Т-10	1	Тип отвала – прямой поворотный Длина отвала – 3,31м Высота отвала – 1,31м Масса бульдозерного оборудования – 2,24т
3. Автомобильный стреловой кран	КС-3577	1	Грузоподъемность – 14т Максимальная длина стрелы – 14м Допустимая масса груза – 1,5т Масса крана – 15,5т

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

продолжение таблицы 4.4.1

Наименование	Марка	Количество	Технические характеристики
4. Электротрамбовка	ИЭ-4502	1	Толщина уплотняющего слоя – 0,45м Площадь башмака – 0,109м ² Габариты 970х475х1050мм Вес – 81,5кг
5. Автомобиль-плетевоз	ПВ-94	1	Грузоподъемность – 8т Габаритная длина – 16м Погрузочная высота – 1,74м Основной тягач - ЗИЛ-441510 Максимальная скорость – 70км/ч
6. Сварочный аппарат для полимерных труб	ECOS-250	1	Мощность – 3270 W Диапазон свариваемых диаметров – 75...250 мм

4.5 Определение трудоемкостей работ

Таблица 4.5.1 – Калькуляция трудозатрат

Наименование работ	Обоснование ЕНиР	Единицы измерения	Объем работ	Н _{вр} , чел-ч	Т, чел-см
1. Срезка растительного слоя бульдозером Б-10	Е2-1-5	1000м ² очищенной поверхности	10,474	0,84	1,1
2. Разработка грунта в траншее навывмет одноковшовым экскаватором ЭО-3323 оборудованного обратной лопатой	Е2-1-11	100м ³ грунта	26,23	2,2	7,21

Лист

ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084

72

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

продолжение таблицы 4.5.1

Наименование работ	Обоснование ЕНиР	Единицы измерения	Объем работ	Н _{вр} , чел-ч	Т, чел-см
3. Разработка грунта в траншее с погрузкой в транспортное средство	Е2-1-11	100м ³ грунта	0,06	2,9	0,03
4. Разработка грунта в траншее вручную с выкидкой	Е2-1-47	1м ³ грунта	65,868	0,85+0,12 =0,97	7,98
5. Укладка полиэтиленовых труб в траншею со сваркой стыков	Е9-2-7	1м трубопровода 1 стык	668,4 56	0,02 1,3	1,671 9,1
6. Засыпка грунтом траншеи с трамбованием перед испытанием	Е2-1-58	1м ³ грунта	275,41	0,73	25,13
7. Испытание трубопровода	Е9-2-9	1м трубопровода	668,4	0,12	10,02
8. Засыпка грунта с трамбованием после испытания	Е2-1-58	1м ³ грунта	49,03	0,73	4,47
9. Засыпка траншеи бульдозером	Е2-1-34	100м ³ грунта	18,97	0,35+0,18 =0,53	1,25
10. Разравнивание растительного грунта	Е2-1-28	100м ³ грунта	38,14	0,58	2,76

4.6 Расчет графика производства работ

Таблица 4.6.1 – Определение продолжительности работ

Наименование работ	Т, чел-см	Количество рабочих	Продолжительность, смены	$K_{пер} = \frac{П_H}{П_{пр}}$
1. Срезка растительного слоя бульдозером	1,15	1	1,1 → 1 см	$\frac{1,1}{1} = 1,1$

2. Разработка грунта в траншее навывмет экскаватором и с погрузкой в транспортное средство	$7,21+0,03$ $=7,24$	2	3,62→4см	$\frac{3,62}{4}$ $= 0,905$
3. Разработка грунта в траншее вручную	7,98	3	2,66→3см	$\frac{2,66}{3}$ $= 0,887$
4. Укладка полиэтиленовых труб в траншею со сваркой стыков	$1,671 + 9,1$ $= 10,771$	6	1,79→2см	$\frac{1,79}{2} = 0,89$
5. Засыпка грунтом траншеи перед испытанием	25,13	7	3,59→4 см	$\frac{3,59}{4} = 0,89$
6. Испытание трубопровода	10,02	3	3,34→3см	$\frac{3,34}{3} = 1,11$
7. Засыпка грунтом после испытания	4,47	2	2,29→2см	$\frac{2,29}{2} = 1,14$
8. Засыпка траншеи бульдозером и разравнивание растительного грунта	$1,25+2,76$ $=4,01$	2	2,005→2см	$\frac{2,005}{2} = 1,0$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе выполнен проект водоснабжения агропромышленного комплекса.

Выполнены следующие поставленные задачи:

- определение требуемых расходов воды для нужд агрокомплекса;
- произведен выбор источника водоснабжения агрокомплекса;
- произведен подбор сооружений и методов водоподготовки;
- произведен подбор современных методов очистки воды;
- произведен расчет сетей водоснабжения;

в технологической главе были подобраны транспортные и разгрузочные средства, буровая установка, составлен план выгрузки оборудования, составлен график движения рабочей силы и календарный план.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. –М.: Минрегион России, 2012. – 145 с.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 26.09.2001 г. N 24.
3. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 25.11.2002 г. N 40.
4. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84. (с Изменениями N 1, 2). –М.: Минстрой России, 2015. – 143 с.
5. СП 18.13330.2011. Генеральные план промышленных предприятий. –М.: ОАО ЦПП, 2011. – 49 с.
6. www.o-trubah.ru/prednaznachenie/vodoprovodnie/kakie-truby-luchshe-dlya-vodoprovoda-213 (дата обращения: 26.04.2018).
7. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности. –М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 16 с.
8. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. –М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001. – 47 с.
9. СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. –М.: Минрегион России, 2012. – 47 с.
10. СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. –М.: ГУП ЦПП, 2002. – 27 с.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

11. СП 129.13330.2011. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. Актуализированная версия СНиП 3.05.04-85*. –М.: Минстрой России, 2011. – 77 с.

12. СП 75.13330.2011. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы. Актуализированная версия СНиП 3.05.05-84. –М.: Госстрой России, 2011. – 36 с.

13. ГОСТ 18599-2001*. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. (с Изменением N 1). –М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 20 с.

14. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия. (с Изменениями N 1, 2). –М.: ФГУП Стандартиформ, 2010. – 12 с.

15. ГОСТ 11078-78. Натр едкий очищенный. Технические условия. (с Изменениями N 1, 2, 3). –М.: ИПК Издательство стандартов, 1988. – 44 с.

16. ГОСТ 11086-76. Гипохлорит натрия. Технические условия. (с Изменениями N 1, 2). –М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 16 с.

17. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – 6-е изд. – М.: Стройиздат, 1984. – 117 с.

18. Демешко, А.Е. Контроль качества санитарно-технических и монтажных работ: руководство / А.Е. Демешко, В.М. Никитин, В.А. Шинкевич. – СПб.: Изд-во Дом KN+, 2003. – 411 с.

19. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учебное пособие для вузов / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М.: Издательство МГУ, 1996. – 680 с.

20. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – 2-е изд. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 496 с.

					ЮУрГУ - 08.03.01.2021.305-04.084	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77