

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»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

_____ (И.О.Ф.)

_____ 20__г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Д.В. Ульрих

_____ 20__г.

Проект реконструкции Мосульской плотины (Ирак)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР

Консультанты:

Технология строит. пр-ва

А.И.Стуков

_____ 201__г.

Руководитель проекта

С.Е. Денисов

_____ 2020 г.

Автор проекта

студент группы АС-421

М.Ш.Радхи

_____ 2020 г.

Нормоконтролер

К.И. Чучелов

_____ 2020 г.

Челябинск
2020

АННОТАЦИЯ

Радхи М.Ш. Выпускная квалификационная работа «Проект реконструкции Мосульской плотины(Ирак)» – Челябинск: ЮУрГУ, АС-факультет, 2020. – 103 с.– 8 листов ф.А1 – библи. 36 назв.

В выпускной квалификационной работе разработан проект реконструкции Мосульской плотины в Ираке.

В пояснительной записке приведены история проектирования и строительства плотины Мосул, разобрана ее конструкция и основные конструктивные элементы гидроузла, перечислены основные факторы, связанные с рисками, возникающими на Мосульской плотине, основные положения реконструкции исследуемой плотины, описана технология активной замены гипса и известняка цементным раствором, разработана технология активной замены гипса и известняка цементным раствором. Спроектированы очистные сооружение водопровода для города Мосул.

В графическом материале приведены ситуационный план реконструируемого объекта, генеральный план плотины, схема плотины Мосул в разрезе с зонами образования гипса и известняка, нуждающиеся в замене, а также технологическая схема активной замены гипса и известняка основания плотины.

					<i>ЮУрГУ-08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Пояснительная записка к ВКР</i>	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Зав. каф.</i>	<i>Ульрих</i>					<i>ВКР</i>	<i>2</i>	<i>103</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Денисов</i>					<i>ЮУрГУ (НИУ)</i>		
<i>Студент</i>	<i>Радхи</i>					<i>Кафедра ГИСС</i>		
<i>Конс.</i>	<i>Стуков</i>							
<i>Н. контр</i>	<i>Чучелов</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ИСТОРИЯ ПЛОТИНЫ МОСУЛ.....	7
1.1 План строительства плотины.....	7
1.2 Начало строительства плотины.....	7
1.3 Климатические особенности.....	8
1.4 Риск разрушения плотины.....	9
2 КОНСТРУКЦИЯ ПЛОТИНЫ МОСУЛ.....	11
2.1 Тип плотины и использованный материал при ее строительстве.....	11
2.2 Строительные материалы и методы строительства.....	13
2.3 Геологические условия местоположения плотина	14
2.4 Типы турбин использованные для производства электроэнергии и их схемы.....	21
2.5 Типы трубопроводов и их схемы.....	24
3 ФАКТОРЫ РИСКА ВОЗНИКАЮЩИЕ НА ПЛОТИНЕ МОСУЛ.....	27
3.1 Используемые методы для уменьшения рисков.....	33
3.2 Общая затирка.....	35
3.3 Глубокий Занавес Затирка.....	36
3.5 Главный занавес плотины	41
3.5 Занавес седла и заглушка предохранителя.....	43
3.6 Левая удлинительная шторка.....	43
3.7 Правое продление.....	44
3.8 Метод впрыска.....	45
3.9 Построение новая плотина Бадуш.....	46
4 ТЕХНОЛОГИЯ АКТИВНОЙ ЗАМЕНЫ ГИПСА В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ.....	48
4.1 Технология активной замены гипса в основании плотины.....	51
4.2 Обоснование оборотной системы водоснабжения технологии активной замены гипса в основании плотины.....	49
4.3 Анализ методов удаления сульфатов из воды.....	50
4.3.1 Метод обратного осмоса.....	50
4.3.2 Метод ионного обмена.....	50
4.3.3 Электродиализ.....	51
4.3.4 Биологический метод.....	52
4.3.5 Термические методы.....	53
4.3.6 Геохимические барьеры.....	53
4.4 Реагентная очистка воды от сульфатов.....	54
4.4.1 Конструкция флотационной установки.....	57
4.4.2 Принцип работы флотационной установки.....	57

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА МОСУЛ.....	59
5.1 Определение полной производительности очистных сооружений	60
5.3 Определение расчетных доз.....	62
5.4 Расчет оборудования реагентного хозяйства.....	64
5.5 Подбор насосов-дозаторов	65
5.6 Подбор воздуходувок	66
6 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	68
6.1 Расчет микрофильтров.....	68
6.2 Расчет смесителей.....	69
6.3 Расчет контактных префильтров.....	73
6.4. Расчет скорых фильтров.....	80
6.5 Расчет резервуаров чистой воды.....	85
6.6 Подбор установки для обеззараживания.....	86
6.7 Расчет основных трубопроводов.....	86
7.ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	88
7.1 Состав работ и технологическая последовательность.....	88
7.2 Техническая характеристика полиэтиленовых труб.....	88
7.3 Определение объемов работ.....	89
7.4 Определение трудоемкостей и продолжительностей работ.....	91
7.5 Технологические схемы производства работ.....	91
7.6 Организация строительного производства.....	96
7.6.1 Обоснование потребности строительства в рабочих кадрах.....	96
7.6.2 Обоснование потребности во временных зданиях.....	96
7.6.3 Обоснование потребности строительства в складах.....	97
7.6.4 Инженерное обеспечение стройплощадки.....	97
7.6.5 Временные дороги.....	98
7.6.6 Определение зоны ограничения рабочего крана.....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	101

1 ИСТОРИЯ ПЛОТИНЫ МОСУЛ

1.1 План строительства плотины

Планирование строительства Мосульской плотины началось в 1950-х годах британским сэром Александром Гиббом и компанией, и они обнаружили этот участок в 1953 году. В 1956 году Иракский совет по развитию заключил договор с американской компанией Cogian на проведение исследований на месте плотины.

Исследования были завершены в следующем году, когда Ирак попросил Харзу провести аналогичное расследование, в котором в 1960 году было рекомендовано другое место для плотины, основываясь на геологическом явлении Карст. В 1962 году Ирак запросил третье мнение советской компании, рекомендующей другой сайт. Четвертая компания под названием Finland Verme завершила свое исследование в 1965 году. Пятая югославская компания Gotelinka завершила свое исследование в 1972 году. На основании исследований пяти компаний, которые рекомендовали различные местоположения, Ирак заключил договор с французской компанией на проведение углубленных геологических исследований, которые проводились в период между 1974 и 1978 годами. В 1978 году Швейцарский консорциум консультантов стал официальным консультантом по строительству плотины.

1.2 Начало строительства плотины

Мосульская плотина - это многоцелевая плотина (рисунок 1). Она расположен на реке Тигр в северо-западном ираке. Длина плотины составляет 3,65 км, а высота ее гребня - 341 м над уровнем моря.уровень. Емкость хранилища на нормальном уровне эксплуатации (330 м над уровнем моря) составляет 11,11 км³. Работы по строительству плотины начались 25 января 1981 года и закончились 24 июля 1986 года. Общая стоимость разработки оценивалась в 2,6 миллиарда долларов США .Основание плотины лежит на формации Фата. Эта формация состоит изчередующиеся слои мергелей, известняка, гипса и глины. Это очень карстифицированный, который создал много проблем при строительстве, сборке и эксплуатации фазы.

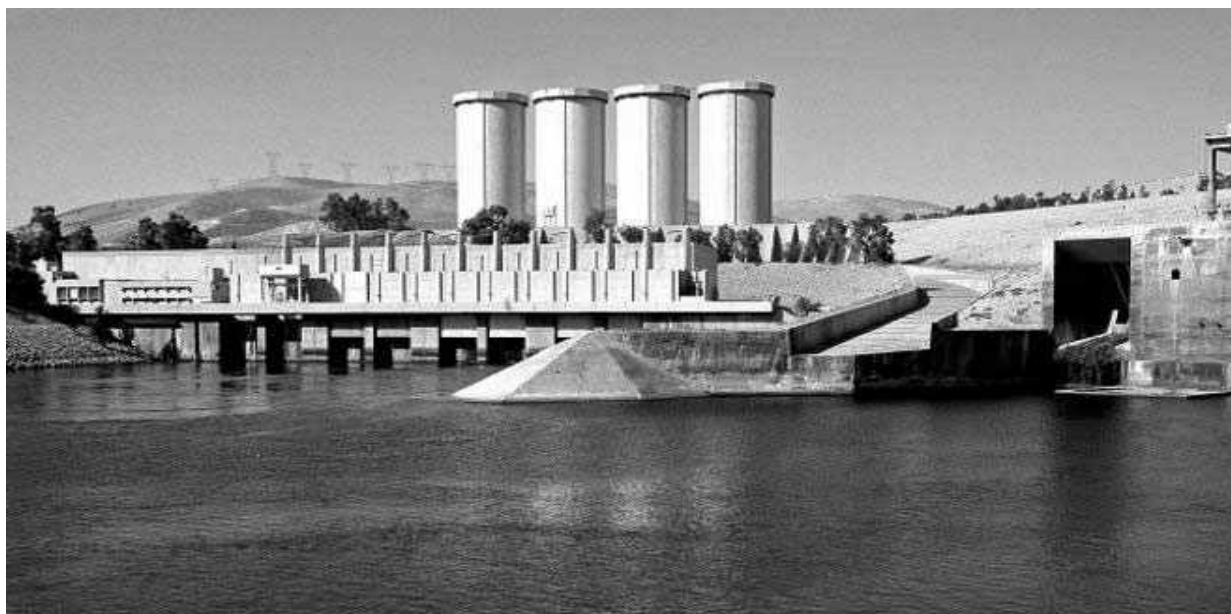


Рисунок 1.1 – Плотина Мосул

1.3 Климатические особенности

Климат района водосбора можно рассматривать как сходный со средиземноморским климатом, за исключением некоторых различий, связанных с наличием горного региона, расположенного на территории Турции. Климат - жаркое сухое лето и холодная дождливая зима с редкими снегопадами в горах. Осадки в бассейне реки Тигр происходят в период с октября по май. Годовое количество осадков над бассейном Тигра колеблется в пределах 450-1000 мм в год [2,3,6], в то время как на площадке плотины оно составляет 200-600 мм. Самые тяжелые осадки выпадают с декабря по февраль. Вообще снег Таяние начинается в феврале. Поэтому паводковый сток продолжается до мая или начала июня. После этого скорости потока снижаются там, где более низкие показатели происходят в августе-октябре. В этот период основным источником речного стока являются подземные воды. Среднемесячные температуры колеблются от 6°C в январе до 34°C в июле, но температура понижается к северу

Река Тигр является одной из двух наиболее значительных рек в Западной Азии и основным источником воды для Мосульского водохранилища. Основным источником для реки Тигр является Хазарское озеро, который расположен в юго-восточном регионе Турции. Озеро окружено Горный хребет Телец, где высота достигает 3500 м. Площадь водосбора Река Тигр географически разделена на три региона: горные, пешеходные и равнинный регион. Предполагается, что площадь водосбора вверх по течению от водохранилища Мосул плотины составляет около 54900 км², которая

разделена между Турцией, Сирией и Ираком и водосборной площадью долин, окружающих водохранилище, составляет около 1375 км². Река Тигр протекает в холмистых районах, расположенных к юго-западной части горной местности, соединяющей Турцию, Иран и Ирак. Река пересекает иракскую границу в деревне ФайшХабур, которая находится примерно в 400 км от основного источника и в 128 км вверх по течению от плотины Мосул. Четыре главных притока: Бэтмен, Гарзан, Ботан и Аль-Хабур, питают реку Тигр к северу от плотины Мосула с левого берега. В течение прошлого столетия на реке Тигр вверх по течению от Мосульской плотины было построено шесть крупных плотин. Русло реки Тигр мелкое и широкое в районе Диярбакыра, но после слияния с притоком Бэтмена оно становится узкой и глубокой рекой с высокой скоростью. Ширина речной долины (поймы) к северу от города Мосул до Файш-Хабура; до строительства плотины Мосул варьировалось от 2 до 10 км, а средний уклон водной поверхности в этом течении составлял 0,65 м/км. Берега долины реки имеют крутые склоны с правой стороны и пологие низкие склоны с левой стороны. Наиболее значимые особенности бассейна реки Тигр приведены в (Таблица 1) Годовой гидрограф для реки Тигр начинается с октября по сентябрь. Самая высокая среднемесячная выгрузка имеет место в течение апреля, а самый сухой месяц, как правило, сентябрь Среднемесячный расход для реки Тигр составляет 631 м³/с в период с 1931 по 2013 год, а максимальный расход составил 3514 м³/с в апреле 1954 года, тогда как минимальный - 81 м³/с в октябре 2013 года Отложения на русле реки до строительства плотины имели средний диаметр зерна $d_{50} = 18$ мм [8,11]. В 2009 году отложения реки были изучены компанией Dijla для инженерного проектирования, и они отметили, что удельный вес материала слоя составлял $G_s = 2,65$, в то время как средний диаметр зерна осадка был $d_{50} = 12,4$ мм

1.4 Риск разрушения плотины

Позже выяснилось, что плотина была построена на почве недоступной природы, поэтому необходимо было периодически вводить бетонный бетон, чтобы он не разрушился. Этот процесс начался в середине 1980-х годов. После того, как в Ираке войны 2003 показывает, что плотина находится под угрозой с крахом из - за укрепления Khrsanath и в в случае его распада , это приведет к более наводнения в до 100 метров и затопили в город в Мосуле и в городах в долине на Тигре и погибло около 10

миллионов жителей этого города в Мосуле и в городах из долины Тигра в дополнение к по уничтожению в деревнях, прилегающих к в ходе этого реки, особенно В том случае, если проблема бетона и слабого грунта не преследуется.

Он предложил избежать обрушения плотины, несколько решений по срезанию воды с турецкой стороны, а затем изменить течение реки Тигр, вырыть канал в пустыне Галь-Афар по прямой линии с одной стороны и привести к долинам в пустыне, слить воду из озера плотины в пустыне, а затем снести плотину после ее слива из воды.



Рисунок 1.2 – Исторический замок Аски до его затопления

2 КОНСТРУКЦИЯ ПЛОТИНЫ МОСУЛ

2.1 Тип плотины и использованный материал при ее строительстве

Плотина Мосул является одним из наиболее важных стратегических проектов в Ираке для управления его водными ресурсами. Проект был построен на реке Тигр на северо-западе Ирака, расположенной в 60 км к северо-западу от города Мосул и в 80 км от сирийской и турецкой границ в 4056066 северной широты и 305356,69 восточной долготы [14]. Строительство Мосульской плотины, началось 25 января 1981 года. Плотина является многоцелевым проектом, и она начала действовать 24 июля 1986 года, чтобы обеспечить водой три ирригационных проекта на севере Ирака и другие проекты в центре и на юге страны, борьба с наводнениями и гидроэнергетика. Плотина имеет высоту 113 м, длину 3650 м, включая водосброс, ширину 10 м и высоту гребня 341 м (a.s.l.). Дамба облицована камнем и заполнена землей с глиняным ядром [14]. Максимальный, нормальный и мертвый уровни хранения резервуара составляют 335, 330 и 300 м (a.s.l.) соответственно. Дамба была спроектирована для заполнения 11,11 км³ воды на нормальном рабочем уровне, включая 8,16 и 2,95 км³ живого и мертвого хранилищ соответственно. Плотина имеет бетонный водосброс, расположенный на левом опоре главной плотины (рис. 4). Высота гребня водосброса составляет 330 м (a.l.), а его длина - 680 м. Водосброс имеет пять радиальных ворот; размером 13,5 м × 13,5 м с расходом 12600 м³/с при максимальном уровне резервуара 338 м .

					ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

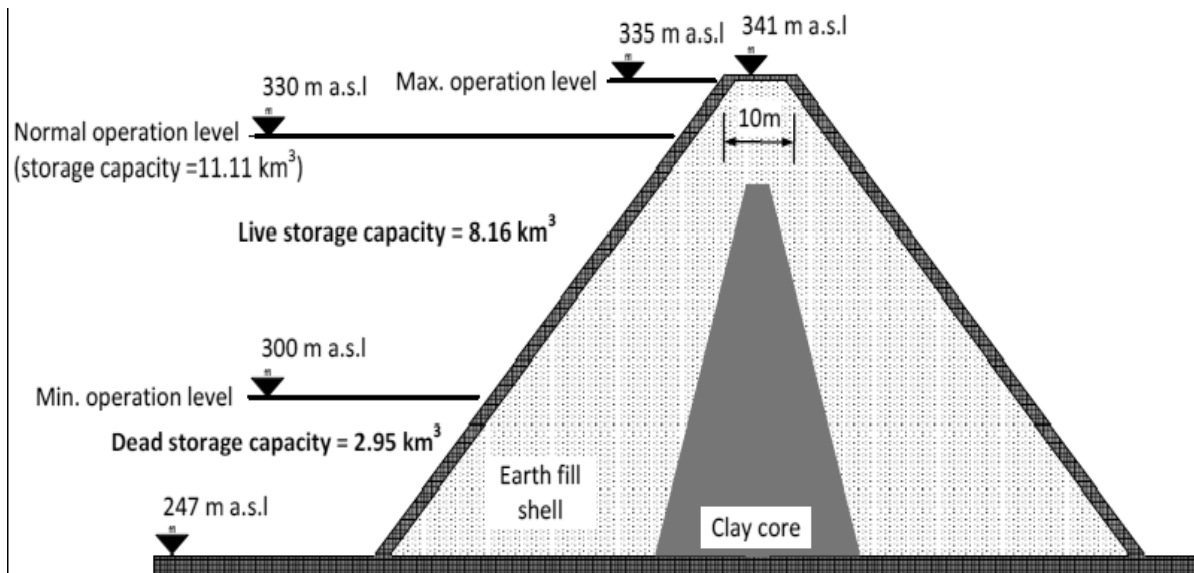


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема поперечного сечения плотины Мосула

Водоохранилище расположено между северной широтой (4055000 - 4086000) и восточной долготой (275000 - 320000). Форма водохранилища почти вытянута, когда река Тигр входит в верхнюю зону и расширяется вблизи места плотины. Длина водохранилища составляет около 45 км, а ширина составляет от 2 до 14 км, а площадь водной поверхности - около 380км² при максимальном уровне эксплуатации 330 м (a.s.l.). Существует семь основных долин, которые питают резервуар с левой стороны и три с правой стороны резервуара [10].

Характеристики этих долин показаны в (Таблице 1). Отложения этих долин в основном илистые суглинки, илистые глины, суглинки и глины. Годовой осадок, доставленный правыми и левыми долинами, составил 42,7×10³ тонны и 702 × 10³ тонны

Таблица 1 – Свойства основных притоковых долин

Valleyname	Sidefeeding	Area (km ²)	Slope (%)	Length km	Mean basin level (ma.s.l.)
Sweedy	Right	450.76	0.0359	38.8	446.62
Kara Kandy	Right	78.52	0.0217	21.82	388.38
KhuyrHara	Right	50.06	0.0525	10.86	404.89
Amlik	Left	88.95	0.0281	38.94	470.42
Jardyam	Left	88.73	0.0215	52.68	457.1
Affkery	Left	139.5	0.0214	58.04	445.34
KhrabMalk	Left	119.6	0.0255	51.32	475.87
Naqeb	Left	104.1	0.0143	54.71	426.52
Kalaq	Left	162.26	0.0173	60.52	424
SaeedThaher	Left	92.25	0.026	43.23	414

Используя данные, предоставленные Министерством водных ресурсов Ирака, среднемесячный приток и отток водохранилища составил 561 и 555 м³/с за период с 1986 по 2011 год его эксплуатации. Мосул плотина обеспечивает хранение для трех ирригационных проектов, производства электроэнергии, регулирования и борьбы с наводнениями для реки Тигр и отдыха. Эксплуатация плотины началась в июне 1984 г. с первоначального заполнения водохранилища весной 1985 г., но фактическая эксплуатация началась в июле 1986 г. [1]. Режим работы плотины в течение 1986-2011 гг.

2.2 Строительные материалы и методы строительства

Общий объем использованных материалов для засыпки составил 37,70 млн. м³, в том числе 6,01 млн. м³ глины для керна, 19,88 млн. м³ гравия и песка для снарядов U / S и D / S, 6,37 млн. м³ для случайного заполнения вес ног в верхней и нижней части секции. Еще 4,45 млн. м³ песчаных и гравийных фильтров также использовались в зонах фильтрации и дренажных слоях. Кроме того, для защиты откосов и разрыхления использовался известняк общим объемом 0,97 млн. м³. Подробные свойства материалов были следующими: Основной материал: Основным материалом является песчаный ил, заимствованный из пойменных отложений вдоль реки. Его помещали при оптимальном содержании влаги в слоях 25 см и уплотняли роликами для бараньих лапок, чтобы получить по меньшей мере 95% от максимальной сухой плотности. материалы оболочка: Для раковин использовался речной

аллювий и обработанный конгломерат с речных террас. Речной аллювий был обработан, чтобы удалить чрезмерные штрафы, прежде чем он был использован. Другой материал использовался без обработки даже при наличии сульфата в качестве связующего материала с матрицей. Материалы были помещены в слои толщиной 50 см и уплотнены в 4 прохода вибрирующими гладким стальными роликами. Эти материалы были получены обработкой аллювиального гравийного песка. Основные фильтры плотины ниже по течению от ядра были построены как двойной фильтр, состоящий из фильтра тонкой очистки и грубого фильтра зон. Первый, прилегающий к ядру, был из песка и мелкого гравия с размером фракции (0-7) мм, а следующий был смесью песка с мелким и средним гравием. Это была смесь 20% фракции размера (0-7 мм) и 80% фракции размера (7-25) мм.

Дренажный материал представлял собой гравий от среднего до крупного размера, смешанный с 20% фракции размера (7-25) мм и 80% фракции размера (25-150) мм. Вес ног, Riprap и защита склона: Материалы, помещенные в весы, были случайными. Только однородный песок был исключен из использования. Большая часть используемого материала была либо из раскопанного мергеля из формации Фата, либо из пустой породы в результате взрывных работ. Рипрап состоял из известняковых блоков весом до 1000 кг. Выше отметки 300,00 м (a.s.l) рипрап был более грубым, чем ниже этой отметки, поскольку нормальный резервуар колеблется между 300,00 м (a.s.l) и 330,00 м (a.s.l). Большие блоки использовались на гребне плотины в так называемом «взрывном укрытии», и они были в диапазоне от 0,5 до 10 тонн. На стороне ниже по потоку материалы для защиты от уклона были такими же, как у рэп-рэпа, но из более мелких блоков в основном в диапазоне веса (5-60) кг.

2.3 Геологические условия местоположения плотины

Геология земли под и вокруг плотины Устои плотины расположены на верхнем члене свиты Фата (средний миоцен). Верхний член, как нижний член формации Фата, состоит из циклических отложений, мергелей, глинистого камня, известняка и гипса; однако в самой верхней части соотношение глинистого камня увеличивается по сравнению с нижней частью. Эти неоднородные породы; в их механическом поведении, безусловно, будет вести себя иначе, когда загружен. Гипсовые и известняковые пласты обычно карстифицированы, но в верхнем члене карстификация меньше, чем в нижнем члене свиты Фата.

					ИОУрГУ-08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Это объясняется наличием большего количества обломков в верхнем члене, чем в нижнем члене формации Фата, кроме того, что слои гипса и известняка становятся тонкими в самых верхних частях формации. На рисунке 9 показано подробное описание пластов на участке Мосульской плотин. Из-за сложности геологии района было проведено несколько исследований (например, Аль-Ансари и др., сообщили, что в районе площадки плотины было два разлома). Разлом. имеет вращательный тип, поражающий северо-западную часть, смещая северный угол Бутма Восток структура. Бросок разлома увеличивается на восток.

Считается, что плоскость разлома почти вертикальна; у поверхности с небольшим падением на север. Они также сообщили, что эта ошибка распространяется на участок плотины. Другая ошибка - это северо-восточный юго-восток вдоль правого берега реки Тигр. Эта ошибка не ясна на поверхности, и она была обнаружена с использованием изображений LandSat. Это связано с тем, что разлом глубоко укоренился и, возможно, частично контролирует русло реки Тигр от участка плотины до Аски-Мосула. Уэйкли собрал все данные по скважинам и построил аомодель, чтобы показать сложную геологию на месте плотины не сообщается о неотектонической активности на участке плотины и вблизи него, а также о существующих небольших разломах, обнаруженных на участке плотины во время выполнения детального геологического картирования Геологической службой Ирака (Нагорian, 1984, личное сообщение), не имеет существенного значения и / или вызвать какую-либо опасность для плотины. Даже главный глубоко усаженный недостаток Сассана - Бе'Кейр не показывает никаких признаков поверхности для какой-либо недавней деятельности, как признал Салех. Таким образом, площадь поверхности плотины практически не страдает от активных тектонических нарушений; Это также подтверждается, когда они заявили, что тело плотины не страдает от каких-либо проблем. Самая значительная геологическая опасность, которая влияет на плотину Мосула, - это карстификация, особенно в породах фундамента. Согласно, карстификация набрала 5,5 градусов в пределах существующих геологических опасностей; не только на месте плотины, но и во всем четырехугольнике Мосула в масштабе 1: 250 000, который охватывает площадь около 30000 км². Влияние карстификации. Еще одной геологической опасностью в Мосульской плотине и водохранилище является устойчивость склона.

Устойчивость склона плотин обсуждается и подтверждается многими авторами, в том числе. Оползни происходят либо из-за быстрого опускания, либо из-за перенасыщенности горных пород, особенно когда глинистый камень или мергель встречаются в ряду водохранилище. В Мосуле литология формации Фата очень благоприятна для развития оползней, особенно когда пласты опускаются к водохранилищу, как это имеет место в антиклиналях Бутма-Восток, Айн-Зала, Масура, Дахкан и Канд.

Тем не менее, существующие в районе водохранилища не так велики; следовательно, они не представляли существенной опасности для тела плотины. Топография карста формируется за счет растворения растворимых пород, таких как гипс, известняк и реже доломит. Это обычно характеризуется подземной системой долин, пещер и провалов.

Это явление обычно связано с различными особенностями. Это могут быть крупные элементы, такие как известняковые тротуары, поля и карстовые долины, или элементы среднего размера, такие как воронки или закрытые бассейны (сеноты), вертикальные шахты, воронки в форме воронкообразных воронок (foibe) и элементы небольших размеров, такие как канавки, воронки, клинты и грики, все вместе называется каррен или лапиец. Внутренний дренаж, оседание и коллапс, вызванные развитием нижележащих пещер, являются процессами, которые формируют поверхностные карстовые особенности

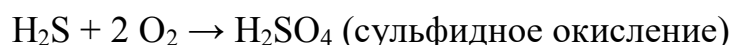
Дождевая вода становится кислой при контакте с углекислым газом в атмосфере и в почве. Когда вода проникает в камни, она начинает растворяться в камнях. Это создаст сеть пассажей. Со временем вода, протекающая через такую сеть, продолжает разрушать и расширять проходы; это позволит водопроводной системе транспортировать большее количество воды. Выгребная яма - это отверстие или углубление в земле, образованное разрушением поверхностного слоя или карстовым процессом. Они различаются по размеру, глубине и форме. Они чаще встречаются в районах, где под земной поверхностью находятся известняки или другие карбонатные породы, соляные пласты или гипс, которые могут естественным образом растворяться в циркулирующих грунтовых водах

Раковины либо активны, либо неактивны. Те, которые все еще активны, имеют один или несколько выходов на своих этажах, которые простираются в неглубокие воронкообразные пещеры это означает, что активные воронки имеют возможность слить заполняющую воду в более глубокие горизонты, или грунтовые воды проходят через их. Эти типы воронок, безусловно, более

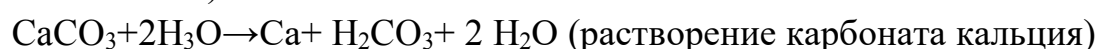
проблематичны. Показатели деятельности Эти: голый пол или с очень редким почвенным покровом наличие одного или нескольких розеток на этаже наличие упавших каменных блоков с обода в полу наличие круглых или серповидных трещин вокруг обода- наличие грунтовых вод в полу. Те воронки, которые являются неактивными, менее проблематичны, потому что они проявляют меньшую деформацию к ближнему окружению.

Это объясняется тем, что они не смогут переносить воду в глубокие горизонты или, по крайней мере, количество переноса будет меньше; по сравнению с активными воронками с такими же размерами и теми же условиями. Бездействие воронок обозначается форма ложки - покрытие толстого грунта в полу отсутствие упавших блоков со стен и / или ободков на полу отсутствие розеток на полу наличие розеток в опривеналичие скопления воды после ливня в полу наличие растительности на полу в сезон дождей отсутствие трещин вокруг колес

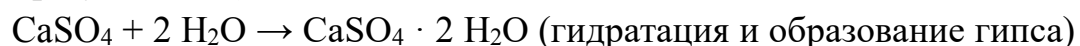
Одной из основных причин карстификации является растворение известняка углекислотой, которая образуется в результате реакции воды с углекислым газом. Однако гипс растворяется серной кислотой, которая образуется в результате реакции кислорода с H_2S . Как кислород. Поверхностные воды, обогащенные (O_2), просачиваются в глубокие. бескислородные карстовые системы, доставляя кислород, который реагирует с присутствующим в системе сульфидом (H_2S) с образованием серной кислоты (H_2SO_4). Серная кислота затем вступает в реакцию с карбонатом кальция, вызывая усиление эрозии внутри пласта известняка. Эта цепочка реакций:



$H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow SO_4 + 2H_3O$ (диссоциация серной кислоты) (диссоциация серной кислоты)



$CaCO_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2CO_3$ (глобальная реакция, приводящая к сульфату кальция)



Стоит отметить, что формация Фата является отличным источником H_2S , который выделяется благодаря присутствию нативной серы; почти везде в формации. Район в районе Мосульской плотины характеризуется карстовой топографией, наличием и появлением воронок. В этом разделе эти явления будут обсуждаться в районе плотины Мосул.

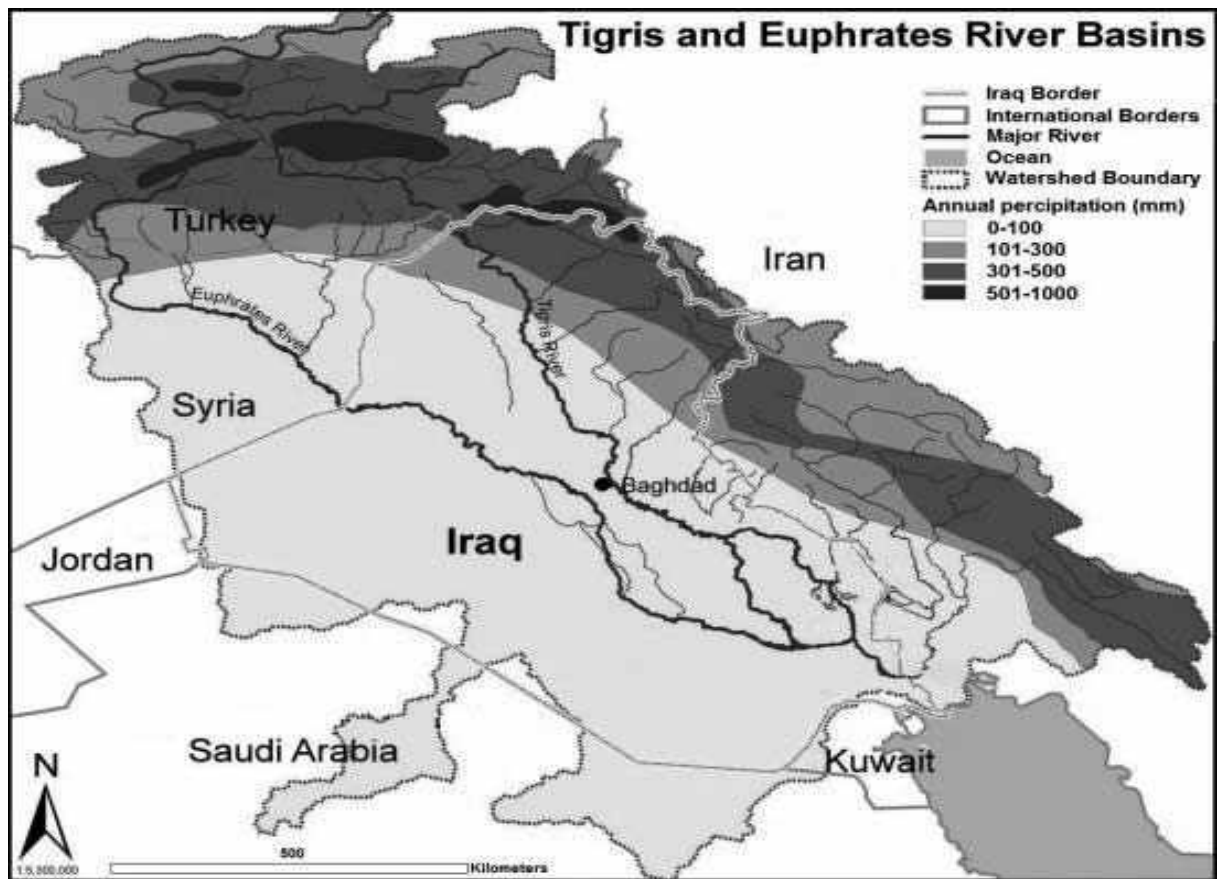


Рисунок 2.2 – Басейн реки Тигр и Евфрат

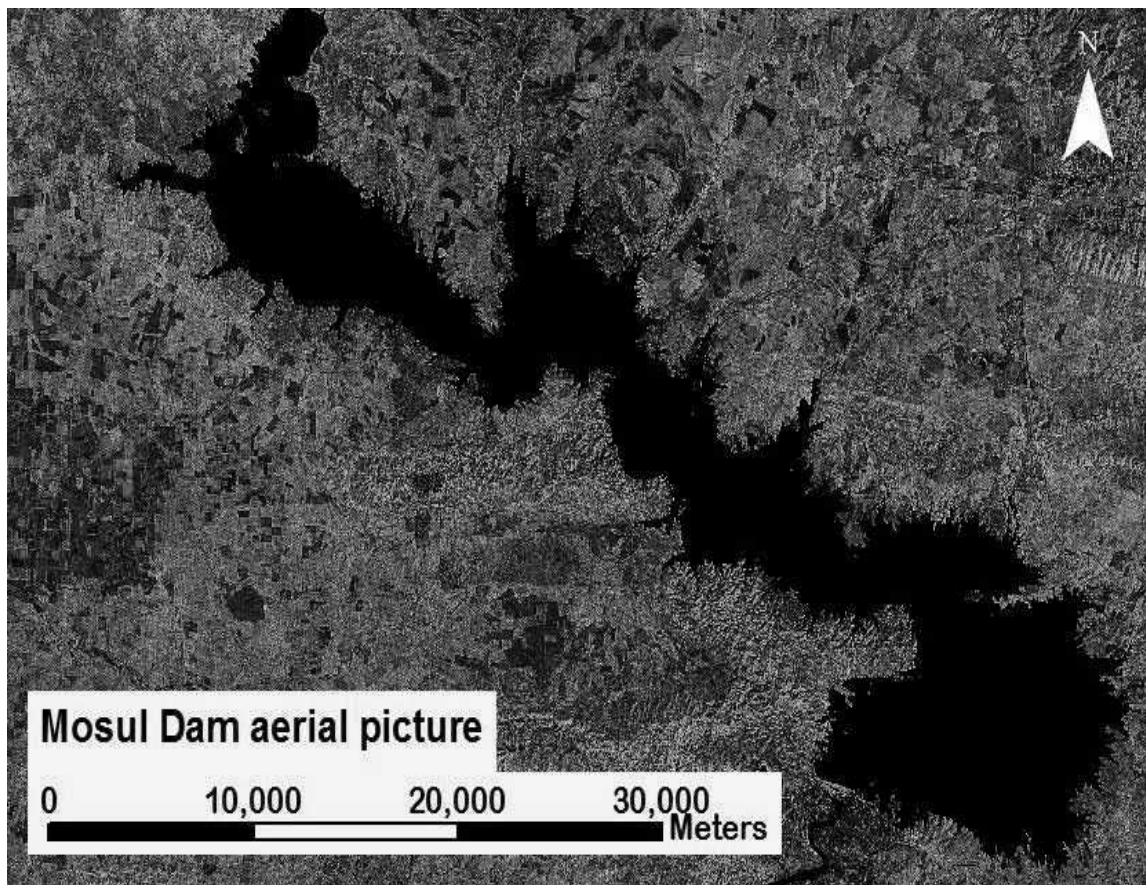


Рисунок 2.3 – Расположение Мосульской плотины с основными сооружениями

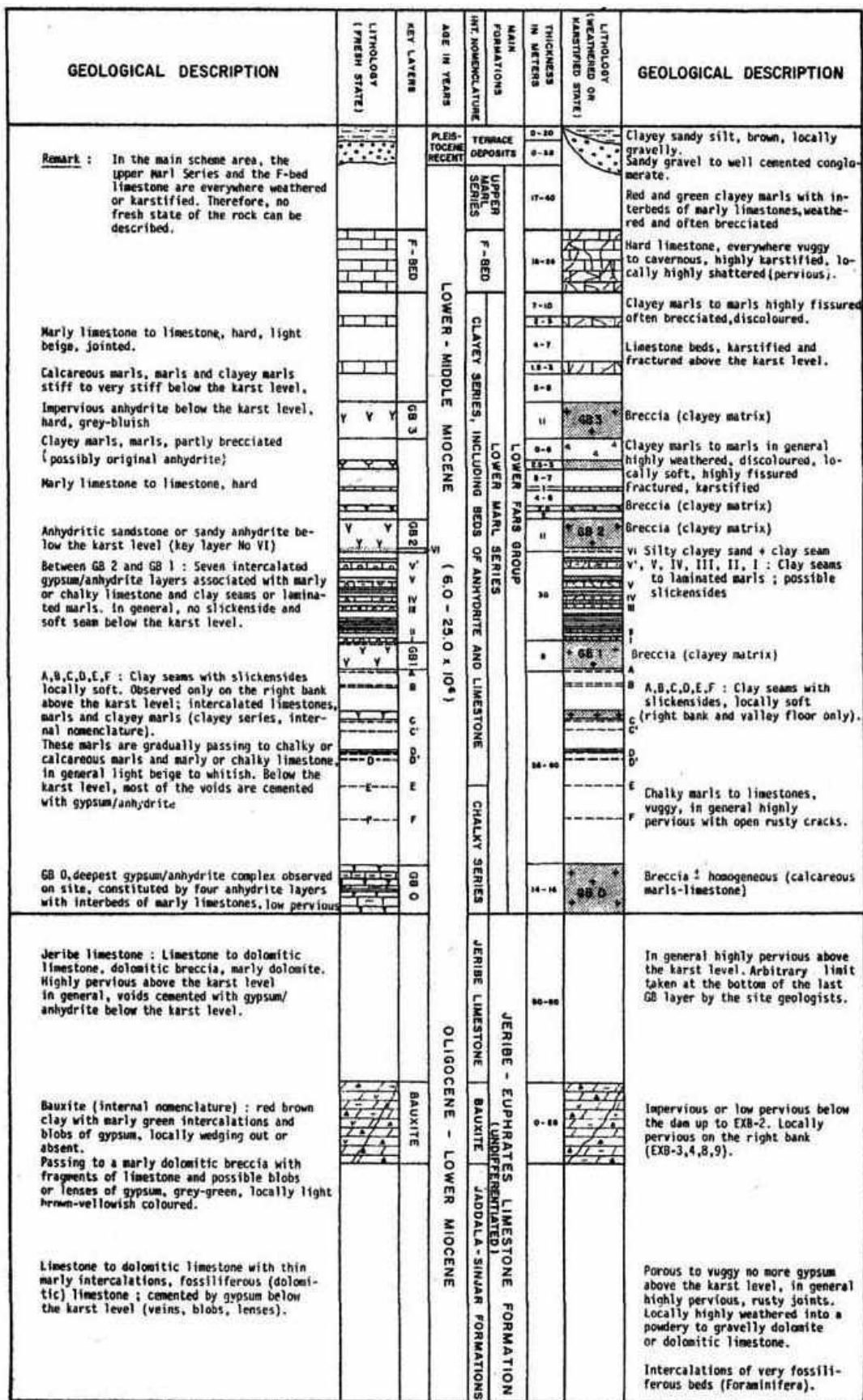


Рисунок 2.4 – Литологическая колонна пластов на Мосульской плотине

Основание Мосульской плотины покоится на скалах формации Фата. Формация состоит из мергеля, мелового известняка, известняка, гипса и ангидрита, она сильно карстифицирована. Основными геологическими особенностями под фундаментом плотины являются карстовый известняк и развитие полостей растворов в слоях гипса и ангидрита.

Правый (западный) абатмент расположен в круто опускающихся пластах формации Фата в пределах восточной антиклинали Бутмах, а ЮВ находится в водохранилище к северу от плотины, тогда как левый (восточный) абатмент расположен на пологих пластах формации Фата, которая перекрывается тонкой обломками индейской свиты. Эти различия в литологии, а также в количестве и направлении погружения вдоль обоих абатментов, а также вверх и вниз по течению от плотины, безусловно, повлияли на гидравлическое давление и увеличили способность растворения гипса и слоев известняка, вдоль абатментов и фундаментов, которые уже карстифицированы в близлежащих районах. Как следствие, больше известняка, гипса и ангидрита были растворены.

Это вызвало просачивание воды в различных частях в непосредственной близости от главной плотины. Раковины начали развиваться после затопления плотины. Есть свидетельства того, что воронки образовались даже в пределах водохранилища.

2.4 Типы турбин использованные для производства электроэнергии и их схемы

Мосульская плотина считается одной из важнейших гидроэлектростанций в Ираке, ее мощность составляет около 12 миллиардов кубометров воды, а число жителей города Мосула составляет 1,4 миллиона человек. Дамба вырабатывает 760 МВт из 4 турбин (но считается, что она вырабатывает около 800 МВт).

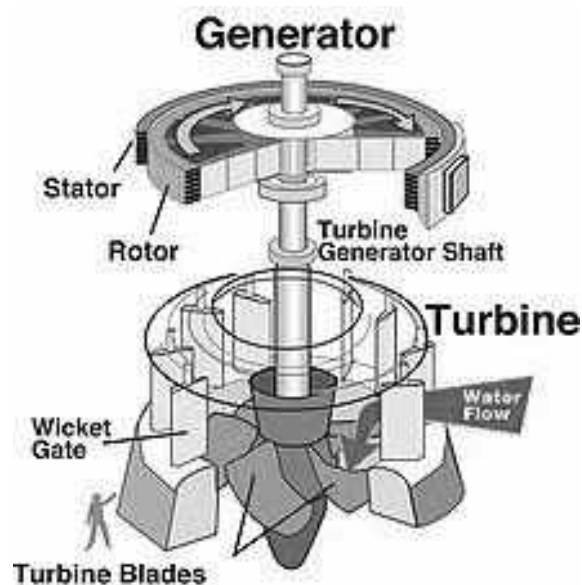


Рисунок 2.5 – Схема турбины

Метод генерации зависит от преобразования энергии воды сначала в кинетическую энергию, где вода выливается с высоты, чтобы вращать наши турбины, поэтому он вращает генератор и вырабатывает для нас электрическую энергию. Количество произведенной энергии зависит от количества воды, проходящей в секунду, и от высоты воды. Чем больше среднее количество воды, проходящей через турбину, тем больше энергии вырабатывается. Чем выше высота воды, тем больше энергии производится.

Для того, чтобы вырабатывать электричество из энергии подачи воды, требуется следующее:

Плотина построена на водотоке, запасая воду позади него, чтобы сформировать высокое искусственное озеро с большой водной емкостью. Энергия положения в этом большом резервуаре зависит от количества воды,

которое он содержит (и, следовательно, от его массы), высоты уровня воды и от силы тяжести.

Высота: в метрах (высота уровня воды относительно турбины) (Иллюстрация схемы для турбины и генератора). Когда в плотине открывается водозаборник, вода течет под действием силы тяжести, и потенциальная энергия положения в воде преобразуется в кинетическую энергию. Если пренебречь сопротивлением трубки подачи воды во время ее движения к турбине, можно сказать, что энергия приложения воды практически полностью преобразуется в кинетическую энергию, которая запускает турбину.

Турбина, в свою очередь, превращает генератор в силовую установку и генерирует электрический ток. Окупаемость этого процесса зависит от эффективности вращения турбины и количества энергии, теряемой трением при вращении. В генераторе энергия вращения двигателя преобразуется сильным магнитным полем в нем в электрическую энергию посредством магнитной индукции, как в велосипедном генераторе (иногда его называют «динамо») или автомобиле. Наконец, вырабатываемая электрическая энергия передается в питающую сеть при высоком напряжении, чтобы уменьшить потери, вызванные сопротивлением электрического тока в проводах.

Другие методы используются в гидроэнергетике, такие как, например, использование кинетической энергии в волнах или энергии прилива. В приведенном выше уравнении - не что иное, как среднее по времени обрушения воды, и это необходимо учитывать, поскольку количество воды можно тратить впустую, например, в течение одной секунды или в течение месяца, поэтому скорость производства электроэнергии также отличается. На практике инженеры используют уравнение, аналогичное предыдущему, которое учитывает скорость потока воды в секунду и учитывает эффективность работы турбины и электрического трансформатора.

Производительность водяной станции P зависит от потока воды Q (в кубических метрах в секунду), высоты потока воды h в метрах и эффективности турбины, генератора и электрического трансформатора η для преобразования кинетической энергии в электрическую энергию. Что касается эффективности, то для гидроэлектростанций она рассчитывается примерно на 85%. Инженеры также предпочитают расход воды в кубических метрах / секунду Q воды вместо кг/с, поэтому уравнение мощности выглядит следующим образом, который учитывает эффективность турбины и электрического генератора η следующим образом:

2.5 Типы трубопроводов и их схемы

На плотине Мосула есть два метода водоснабжения:

1. метод открытых водных каналов: Используются для подачи воды через открытые водные каналы для близлежащих районов, из этих каналов отведены траншеи для подачи воды фермам для более качественного орошения.



Рисунок 2.6 – Водный канал 1



Рисунок 2.7 – Городской канал 1

Трубчатые водосбросы. Конструктивно трубчатый водосброс (водовыпуск) состоит из головной части, трубгалерей (одной или нескольких), концевого участка. Вода в трубы поступает через глубинное, донное или поверхностное отверстия. Рабочие затворы, как правило, располагают в головной части. Такое устройство водосброса позволяет

первоначально использовать его для пропуска строительных расходов, а затем переоборудовать в эксплуатационный водосброс или водовыпуск (иногда эти функции совмещают).

При проектировании трубчатых водосбросов необходимо соблюдение следующих условий: трубы должны располагаться на плотных грунтах основания; на случай возможных деформаций основания трубы должны разрезаться по длине на секции швами, снабженными шпонками; должны быть приняты меры против контактной фильтрации воды вдоль труб путем устройства на них нескольких диафрагм; для управления гидравлическим режимом и производства ремонта трубчатые водосбросы должны быть снабжены затворами как с верховой, так и с низовой сторон. Головная часть трубчатых водосбросов (водовыпусков) может быть выполнена в виде башни или размещена в теле грунтовой плотины в виде водослива. Башня, изображенная, служит для управления затворами, перекрывающими входные отверстия труб. В некоторых случаях в голове трубчатых водосбросов расположены башни с кольцевым водосливом, оборудованным затворами на гребне

					ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

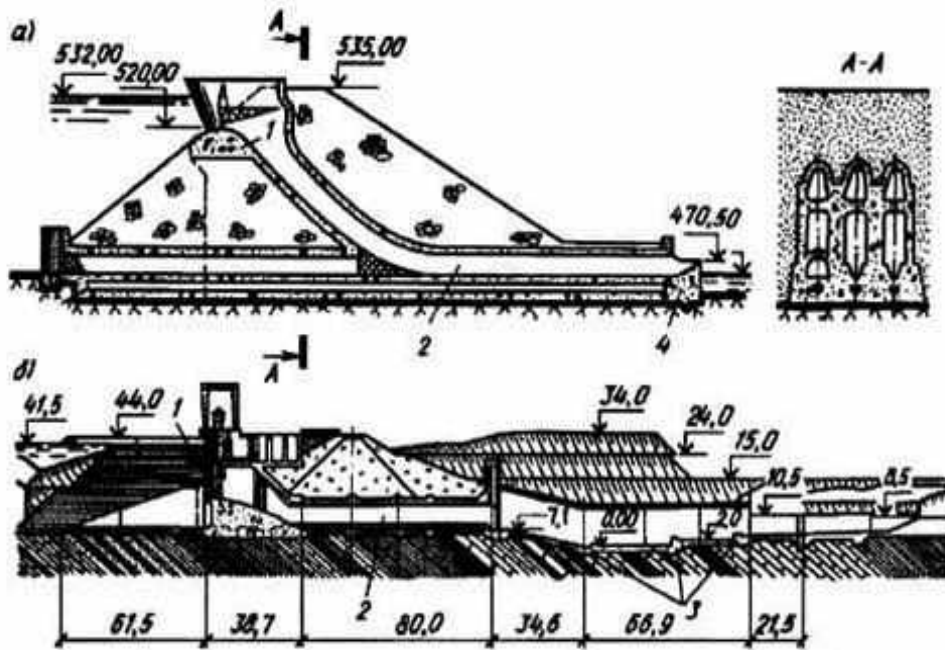


Рис. А1 Трубчатые водосбросы с головной частью в теле грунтовой плотины:
 1 – водослив; 2 – донная труба; 3 – гаситель; 4 – носок-трамплин

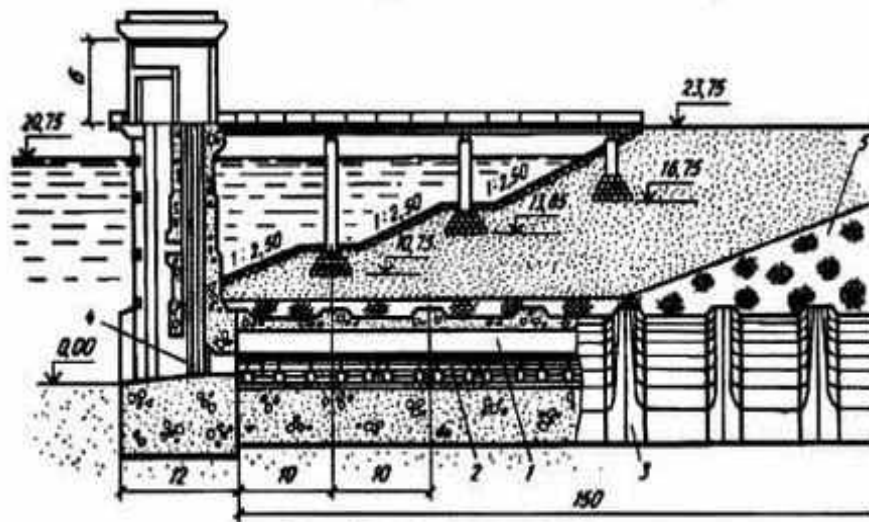


Рис. А2 РАЗРЕЗ ПО ОСИ ТРУБОПРОВОДА

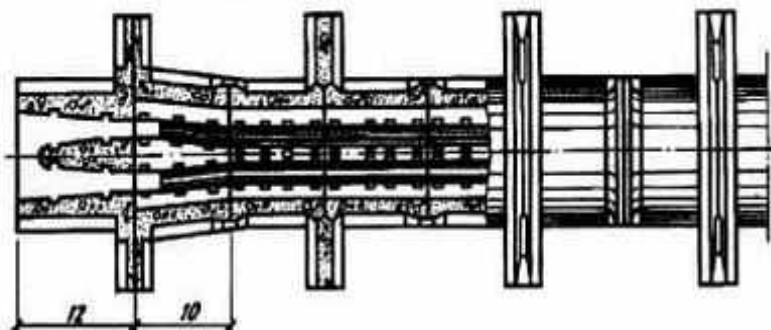


Рис. А3. Трубчатый водосброс с размещением труб в галерее:
 1 – галерея; 2 – трубы водоспуска; 3 – ребра жесткости и диафрагмы; 4 – глубинное отверстие;
 5 – экран грунтовой плотины

Рисунок 2.8 - Схема трубчатого водосброса

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3 ФАКТОРЫ РИСКА, ВОЗНИКАЮЩИЕ НА ПЛОТИНЕ МОСУЛ

В конце паводкового периода 1986 года уровень водохранилища достиг 316,4 млн. л/с. Впервые после влажного сезона 1988 года водохранилище было заполнено до нормального уровня воды 330 м/л., что продолжалось в течение большей части следующих лет.

Накопленная вода использовалась в сухое время года для орошения и выработки электроэнергии, как и планировалось. Это означало снижение уровня водохранилища в течение месяцев с июня по октябрь каждого года до начала следующего сезона дождей. Новая динамика грунтовых вод, которые были созданы в результате первого закапывания, а затем в результате эксплуатации водохранилища, спровоцировала и ускорила деятельность по формированию воронок вокруг площадки плотины, просачивание и развитие родников вниз по течению от плотины, а также разрушение завесы глубокого раствора под водой. плотина наблюдалась. Эта завеса уже страдала от недостатков во время строительства из-за невозможности закрытия определенных областей в завесе внутри слоев брекчиев гипса.

Открытые промежутки в занавеске назывались «окнами». В сентябре 1986 года была проведена проверка ободов водохранилища, когда уровень воды был доведен до уровня Эль. 309 м.с.л. От эл. 316,4 м.с.л. который достиг во время предыдущего сезона наводнений. Инспекция показала, что во многих точках на расстоянии около 150 м от контакта с правым устьем плотины были разработаны каналы для последовательного раствора и воронки на правом берегу. Один провал в скважине также наблюдался на расстоянии около 1 км. Эти каналы растворения показали резкое растворение слоев гипса, которые были выставлены на береговой линии.

Наблюдения и дальнейшие исследования дали две возможности для будущего развития этих провалов и подземных каналов растворов. Первая возможность состоит в том, что они могут развиваться в направлении, параллельном оси плотины, в этом случае не будет никакого неблагоприятного воздействия на плотину, или в то время как вторая возможность состоит в том, что развитие может пересечь ось плотины. В таком случае правильный абатмент дамбы будет поставлен под угрозу.

Ввиду неопределенности и во избежание возможного сбоя была проведена интенсивная программа затирки для усиления удлинения завесы правого берега и его удлинения вправо. Эта работа была проведена в 1987 году. После заполнения водохранилища кажется, что провалы в грунте были развиты после значительного времени ниже по течению от плотины.

Раковины наблюдались на правом берегу примерно в 900 м ниже по течению от носка насыпи. Четыре воронки появились в линейном расположении (Рис.1): SD2, SD2S, SD3-2 и SD4 (самые большие).

Водосточные колодцы не круглые и имеют характерную вытянутую форму с максимальным размером до 70 м и примерно вдвое меньше, чем в нормальном направлении.

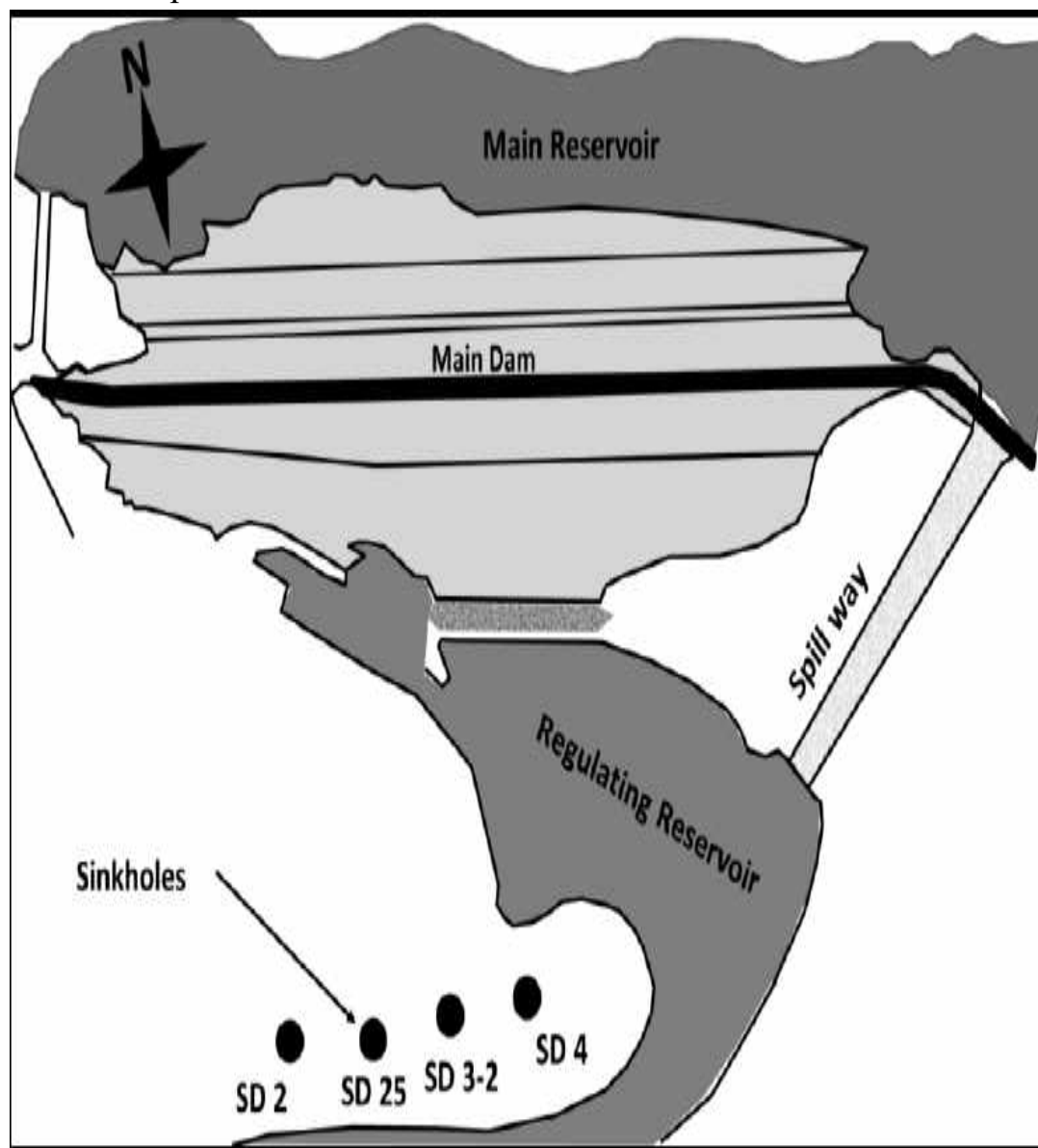


Рисунок 3.1 - Водосточные колодцы вниз по течению от Мосульской плотины - Правый берег

Более длинный размер выровнен по общей линии выравнивания воронки, которая приблизительно параллельна оси плотины в направлении северо-запад-юго-восток. Воронки стали больше и появились в 1992 году и оседали с постоянной скоростью примерно до 1998 года, когда наблюдалось снижение скорости оседания примерно до половины или менее от

первоначальной скорости. Максимальное измеренное поселение составляло около 5 м, и обычно оно составляло от 3 до 3,5 м.

В местах, где провалы в грунте расположены под бетонным покрытием, деформированный бетон может перекрывать осевшую землю на более низком уровне. Среднегодовое поселение составляло около 0,25 млн в год, хотя для SD4 среднегодовое поселение составляло 0,38 млн в год.

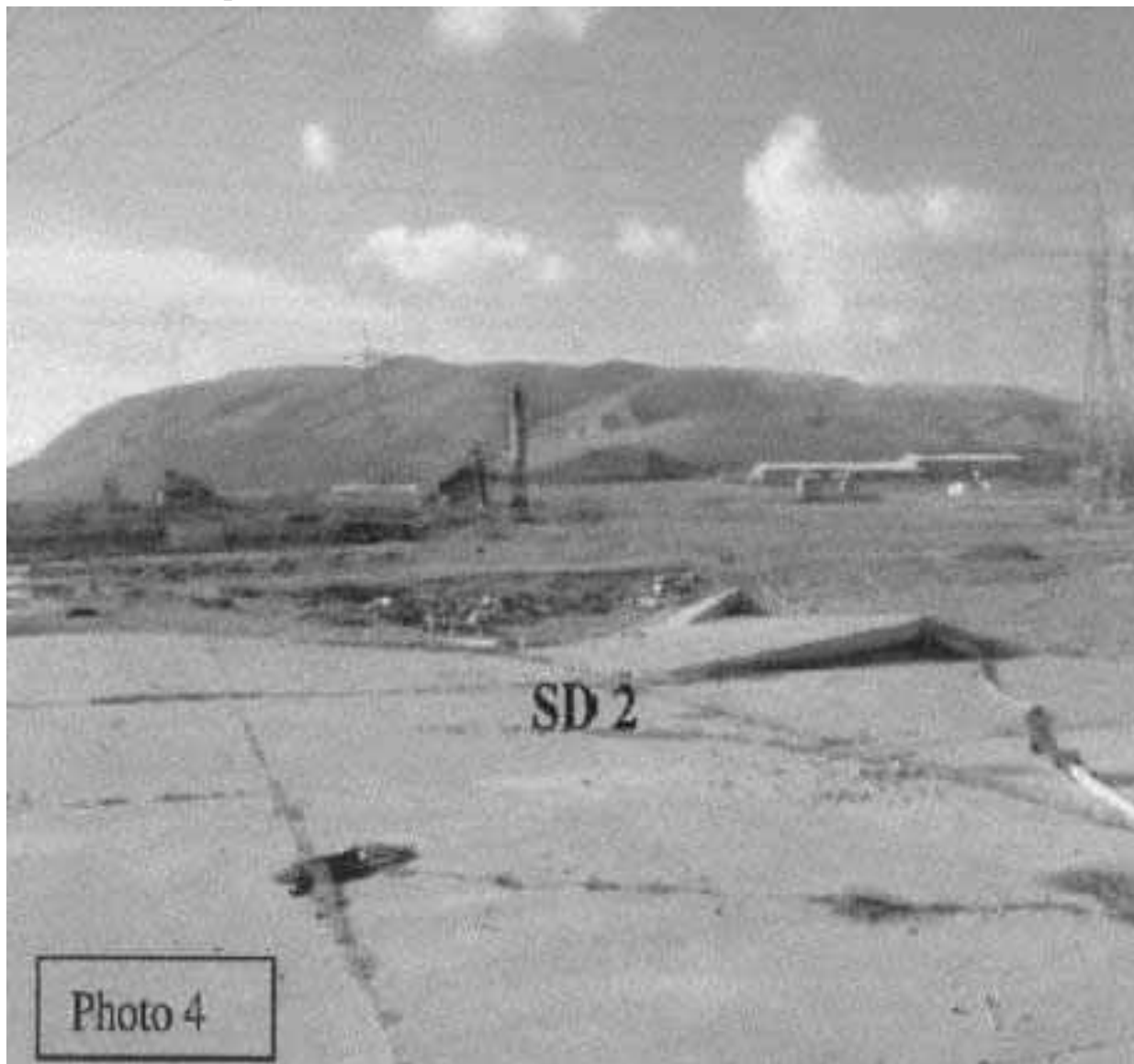


Рисунок 3.2 - Провалы, расположенные под бетонным покрытием.

Выражение поверхности воронок позволяет предположить, что они вызваны подземным обвалом. Концентрические растягивающие трещины, по-видимому, образовались вокруг центральной пустоты, так как воронки постепенно развивались. Выгребная яма SD4 была выкопана и оставлена открытой в течение одного года, что позволяет персоналу участка наблюдать и измерять уровень воды в нем. Было установлено, что уровень воды в воронке не реагирует на изменения уровня воды в главном водохранилище,

однако он колебался с изменениями уровня хвостовой воды. Три фактора имеют тенденцию доминировать, когда активность провалов в грунте инициируется или увеличивается:

1. Увеличение скорости проникновения воды на поверхность земли.

2. Снижение пьезометрического уровня грунтовых вод в породе значительно ниже поверхности раздела грунт-порода, чтобы обеспечить легкий выход вниз просачивающейся воды.

3. Повторяющиеся колебания грунтовых вод ниже границы раздела грунт-порода, которые попеременно насыщают и осушают почву. Появление нижних водосточных колодцев, скорее всего, связано с колебаниями уровня хвостовой воды главной плотины во время эксплуатации плотины и нижнего регулирующего водохранилища.

Инженеры участка предположили, что провалы в колодцах могут быть соединены с водоносным горизонтом Дармеллы на правом берегу водохранилища, потому что до заполнения водохранилища существенные потоки порядка 360 л / с были обнаружены из найденного слоя гипса. при раскопках хвостового туннеля по схеме насосного хранилища к западу (далее справа) от известных воронок; вода имела высокое содержание сульфата (которое отличалось от воды в резервуаре).

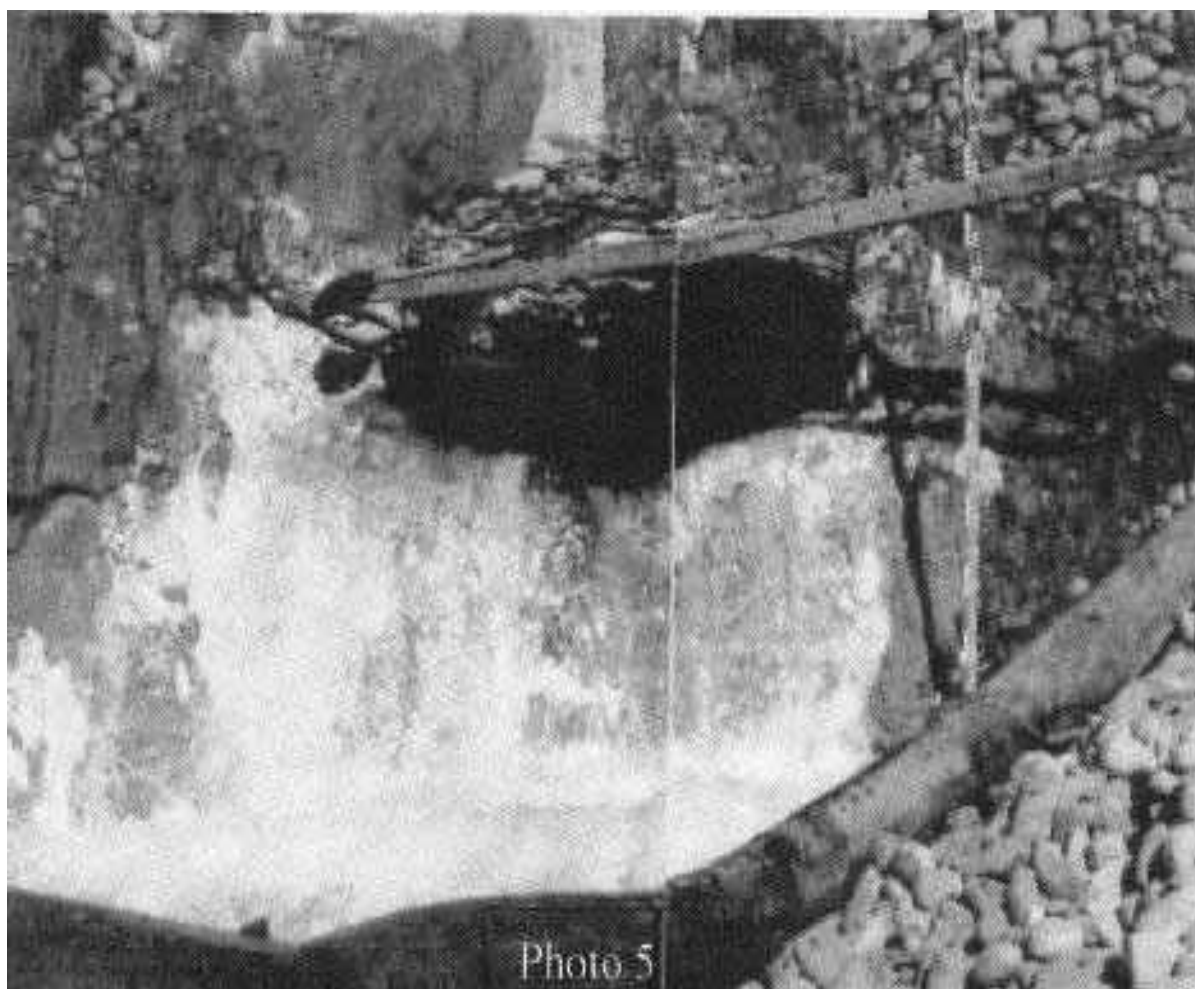


Рисунок 3.3 – Потоки порядка 360 л / с были обнаружены в слое брекчиевого гипса, обнаруженном при раскопках туннеля хвостовой части для схемы закачки на запад.

Прямое растворение слоев гипса и ангидрита, которое может произойти при контакте этих слоев с проницаемыми породами (такими как известняк), приведет к образованию пещер, простирающихся вверх по течению, и может со временем поставить под угрозу серьезные жизненно важные структуры проекта. С другой стороны, растворение может происходить по трещинам в слое или банке гипса или ангидрида в непроницаемых слоях, что приводит к опасной ситуации, особенно когда слои находятся в контакте с коллектором и хвостовой водой. В таком случае процессы карстификации начнутся на стороне вверх по течению и будут постепенно двигаться в направлении вниз по течению. Ввиду вышесказанного, была выражена большая обеспокоенность по поводу безопасности плотины, и Международный совет экспертов по плотине Мосул внимательно следил за ней. В течение следующих двух лет было рекомендовано и предпринято множество мер по исправлению положения, которые включали в себя дополнительную

цементацию вдоль оси плотины на левой набережной путем углубления и усиления затирки, удлинения удлинения завесы за левый конец плотины и строительства. новая затирка для швов вдоль левой стороны водосливного ковша, чтобы перекрыть просачивающийся поток из левого прохода под его фундаментом, который находится в контакте со слоем гипсобрекчии (GB3). (Занавес глубокого раствора также получил свою долю внимания, и работы были активизированы в попытке улучшить его качество, которое оставалось открытым до сих пор. Также были выполнены другие мелкие работы, такие как сбор потока пружин в трех точках измерения, в дополнение к измерительному пруду № 6 на сундуке плотины, и покрытие фильтрующих материалов просачивающимися и влажными участками. Из рисунка 3.4 можно заметить, что:

а) Точка (1), на правой стороне водосброса в конце канала сбора, который собирает просачивающуюся воду из-под водосброса, который, кажется, исходит с левой стороны.

б) Точка (2), с левой стороны водосброса, собирает пружины между фильтрами из-под плотины, далее слева и вокруг левой стороны.

с) Конечная точка галереи доступа собирает просачивающиеся из-под главной плотины от участка реки до водосброса.

д) Сундук плотины № 6, измеряющий просачивание пруда под глубоким участком плотины.

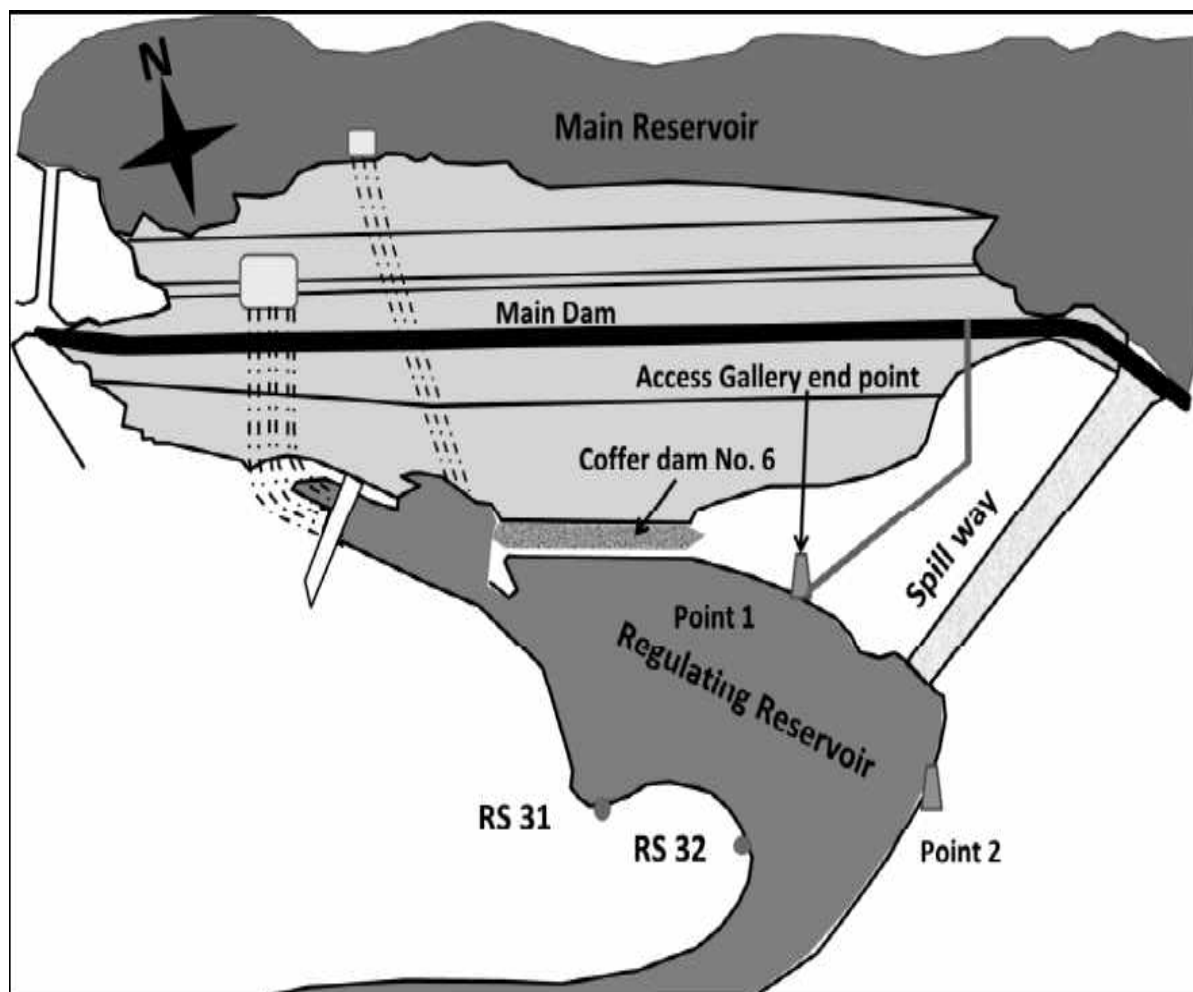


Рисунок 3.4 – Пункты сбора сточных вод на левом берегу и коффердаме № 6. Измерительный пруд.

Все эти годы проводились измерения количества просачивания и содержания минеральной воды. Эти измерения показывают стабильные условия и не оказывают неблагоприятного воздействия, но они также указывают на сильную корреляцию с уровнями воды в пласте. Растворение под плотиной и ее непосредственной близости также продолжается меньшими темпами из-за природы

3.1 Используемые методы для уменьшения рисков

При решении проблем просачивания, ожидаемых на любой новой плотине, фундаментная обработка играет большую роль в сохранении ее безопасности и целостности. На Мосульской плотине это занимает еще большую и более важную функцию. Это объясняется сложностью геологии и наличием растворимого гипса и ангидрита в форме первичного гипса / ангидрита в толстых слоях, а также в виде вторичного гипса / ангидрита,

присутствующего в соединениях или смешанного с тонкими глинами в слоях цельного гипсокартона. В дополнение к существованию выветривания слоев известняка, которые характеризуются множеством трещин, трещин, стыков и полостей, которые делают их очень проницаемыми и разрушаемыми. Затирка гипсокартонных образований - очень сложная операция. Потому что, когда такая операция начинает закрывать некоторые пути просачивания, это приведет к локальному увеличению гидравлического уклона в других. Джеймс и Киркпатрик объяснили, что вода, проходящая через гипс, становится химически насыщенной в пределах потока и в этой зоне насыщения дальнейшего растворения не происходит. Поскольку поток непрерывен, зона движется вниз по течению и в конечном итоге проходит от выхода. На этом этапе скорость растворения снова резко возрастает. Результаты исследований Morrison-Knudsen Engineers Inc. также подтвердили комментарии Джеймса и Киркпатрика относительно чувствительности растворимости гипса к гидравлическому градиенту и течению. Их отчет указывает на то, что для скоростей просачивания 10-4 см/с в гипсовой вене шириной 2 см следует растворяться со скоростью несколько сантиметров в год от переднего фронта. Если скорости были около 10-2 см/сек. гипс мог растворяться со скоростью 9 метров в год. Растворение происходит до тех пор, пока просачивающаяся вода не достигнет насыщения кальцием 2000 ppm. Следовательно, зона растворения движется вниз по течению, поскольку большее количество ненасыщенной воды атакует гипсовую вену. Исходя из советского опыта, полученного советскими инженерами при проектировании и строительстве плотин в Восточной Сибири и Центральной Азии на гипсокартонных фундаментах, допускается строительство таких плотин при условии, что эти конструкции из гипсовых пород имеют проницаемость не более 0,1 м / день (4x10⁻⁴ см / с). Те же авторы привели также случай с Камской плотиной на реке Кама, в которой верхняя часть ее основания на глубине 50 м состоит из твердых и мягких пород, представленных песчаниками, аргиллитами, известняками, доломитами и мергелями, и нижняя часть по сульфатному комплексу в виде пластов из компактного гипса и ангидрита толщиной до 120 м. Дамба была успешно построена с применением мер защиты от просачивания и трубопроводов, состоящих из глиняного слоя выше по течению длиной 100 метров, а также завесы из глубокого раствора, соединенной с одеялом в верхнем течении и дренажной системы для локализации потока просачивания. Такое расположение обеспечивало надежную эксплуатацию конструкции в течение

30 лет, после чего возникла необходимость в проведении работ по укреплению и поддержанию затирочной шторы. Из всего этого, по-видимому, наиболее трудно постоянно изолировать трещиноватый или трещиноватый гипсовый пласт, особенно в присутствии других пластов, которые также являются соединенными, трещиноватыми и обладают высокой проводимостью, как в основаниях плотины Мосула, и с точки зрения высокие головы, созданные водохранилищем. Тем не менее, проектировщики плотины посчитали, что цементирование следует использовать в качестве элемента против просачивания для глубокой отсечки под плотиной, тогда как вместо этого можно было бы использовать конструкцию положительной отсечки в виде концертной диафрагмы. В то время в мире использовались машины для гидроразрыва для сооружения такой диафрагмы на глубине 100-120 м от уровня русла реки.

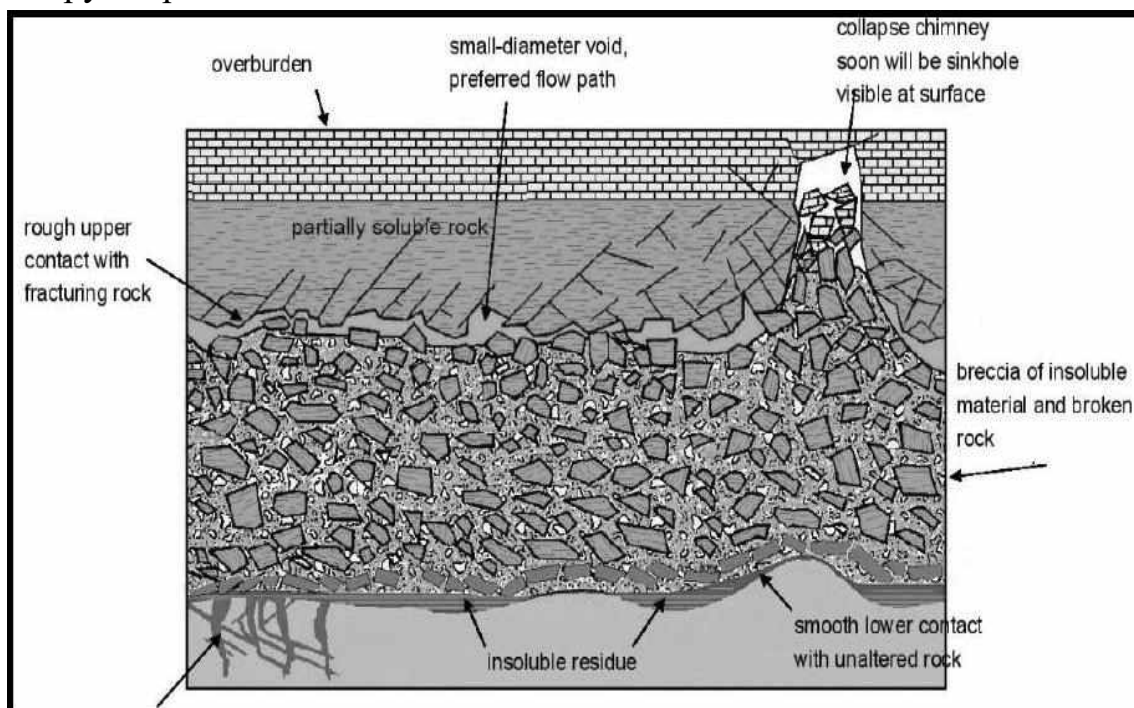


Рисунок 3.5 – Процессы формирования слоев брекчиевого гипса
Обработка фундаментов Мосульской плотины состоит из двух основных элементов:

- а) Одеяло тампонажное.
- б) Глубокий раствор шторы.

3.2 Общая затирка

Это было выполнено под ядром главной плотины. Предполагалось закрыть отверстия, изначально существовавшие в породах фундамента, создав тем самым более однородную верхнюю часть фундамента по

проницаемости и сжимаемости. Расслоение цементного раствора должно также создавать насыпную головку в верхней части заливного раствора и должно удлинять линии просачивания, в дополнение к закрытию любого предпочтительного пути просачивания при контакте сердечника с фундаментами. Тесты на проницаемость проводились с использованием теста Lugeon в разведочные скважины перед началом работы по цементации, чтобы потом выяснить эффективность выполненных работ. Зоны высокой проницаемости были обнаружены со средними значениями 28,7 Лу на правом берегу от гл. 87 с. 113 и на левом берегу среднее значение 54,5 Лу из гл. 64 с. 86. Тест Lugeon, иногда называемый также тестом Пакера, является методом испытаний на месте, широко используемым для оценки средней гидравлической проводимости массивной породы, и результаты предоставляют информацию о горизонтальной проводимости массива породы, включая матрицу породы и разрывы.

Тест назван в честь швейцарского геолога, который впервые сформулировал тест. Детали выполненной цементации приведены в таблице. Окончательная оценка качества выполненной цементации после обработки отверстий основного рисунка (P, S, T) и даже после выполнения четвертичных и двойных отверстий показала, что некоторые участки одеяла не соответствовали критериям приемлемости. Это были в основном в гл. 115 и с. 110 на правой стороне с остаточной проницаемостью 24,1 Лу и 20,8 Лу

Соответственно в меловых слоях известняка и в гл. 65 и гл. 69 на левобережье с проницаемостями 11,6 Лу и 11,7 Лу в переходной зоне слоев гипса / брекчий GB3 и GB2. и очень вероятно в известняковом слое, интеркалированном в глинистые серии. Эти результаты показывают возможность некоторого износа одеяла в этих местах в будущем.

3.3 Глубокий Занавес Затирка

Он предназначен для создания барьера против просачивающегося потока в фундаментах под плотиной и снижения проницаемости заросших зон до возможных минимальных значений. Это предназначено, чтобы препятствовать или даже останавливать растворение слоев гипса и ангидрида в первичной форме и вторичного гипса в суставах, трещинах или полостях в других разрушаемых слоях. Он также предназначался для того, чтобы закупорить стыки, трещины, трещины и заполнить имеющиеся полости в известняке в слоях F и меловой серии, уменьшая общий поток просачивания в фундамент и уменьшая любой процесс эрозии в этих породах. Из

обширного геологического бурения, выполненного во время фазы исследования, очень ясно, что геология вдоль оси плотины была подвержена значительным тектоническим движениям и нарушениям, в дополнение к эффектам выветривания. Все эти факторы требовали, чтобы затирка затвора адаптировалась к изменяющейся геологии вдоль оси, а также к изменению напора воды вдоль этой оси. Исходя из этого, занавес делится на четыре части, а именно: удлинение левого берега, седловина и заглушка плавкого предохранителя, глубокая штора под основной плотиной и удлинение на правом берегу. Все эти части были выполнены с поверхности земли, кроме части под основной плотиной (дно и устья долины), которая была выполнена из бетонной цементной галереи и ее удлинительного туннеля на левом абатменте, в то время как цементация под головной частью водосброса была выполнена из галереи в нижней части этой структуры.

В таблице 2 описаны основные характеристики этих частей, в том числе протяженность каждой из них, целевые формирования и конкретная цель, которую предполагается достичь. Строительство завесы под главной плотиной было сделано из бетонной галереи, простирающейся от правого берега до левого берега. Он был построен с открытым вырезом в нижней части отрезанного желоба плотины и снабжен туннелем доступа, ведущим к поверхности земли левого берега, и другим доступом с правого берега. Сама галерея продолжается в левом направлении как туннель для цементации, который ведет к галерее под работой водосброса.

Пары пейзометров u / s и d / s шторы были установлены в галерее для контроля производительности затирочной шторы во время работы, и они оказались очень полезными на этапе затирки при техническом обслуживании для определения мест повреждения. Глубину завесы вдоль оси плотины нужно было определить, просверлив глубокую разведочную скважину в каждой секции со 100% извлечением керна и выполнив испытание под давлением воды, чтобы проверить проницаемость каждого из обнаруженных слоев и сопоставить результаты с типом породы и качеством найденных горных пород. Снижение проницаемости до безопасного предела в пределах обработанных глубин должно быть конечным результатом операций цементации. Принятые пределы остаточной проницаемости были установлены как в таблице 2.

Таблица 2 – Детали выполненной цементации

Расположение .	Детали расположения	Тип жидкой смеси	Критерии приемки
Под основной плотиной от секции 64 на левом абатменте до секции 113 на правом абатменте (длина секции = 36 м.)	Это состоит из: 10 -рядов отверстий U / S плотины C / L. - 10 рядов ям D / S плотины C / L.	Смеси на основе цемента в диапазоне от смеси А до смеси D с бентонитом в качестве добавки	Использование теста давления воды в просверленных отверстиях в готовой работе
Обработка проводится с поверхности фундамента (без противовеса) или, в некоторых случаях, с промежуточной стадии раскопок (с ограниченным противовесом)	Глубина отверстий: 25 -метров для отверстий во внутренних рядах. - 10 метров для отверстий внешнего ряда.	Mix A C / Вт = 0,25 C / B = 25 (тонкая смесь) Mix D C / W = 1,0 C / B = 25 (густая смесь)	%90 -всех проверенных стадий должны давать <10 Lugeon - Никакая стадия не должна быть > 30
	Расстояние между рядами составляет 2 метра. Расстояние между отверстиями в одном ряду составляет 3 метра для первичных отверстий с разделенным расстоянием для вторичных третичных и возможных четвертичных и двойных отверстий	C = масса цемента W = вес воды B = масса бентонита	На основании количества затирочных растворов и инженерно-геологического заключения. По завершении основного образца было принято решение, нужно ли сверлить дополнительные четвертичные и двойные отверстия

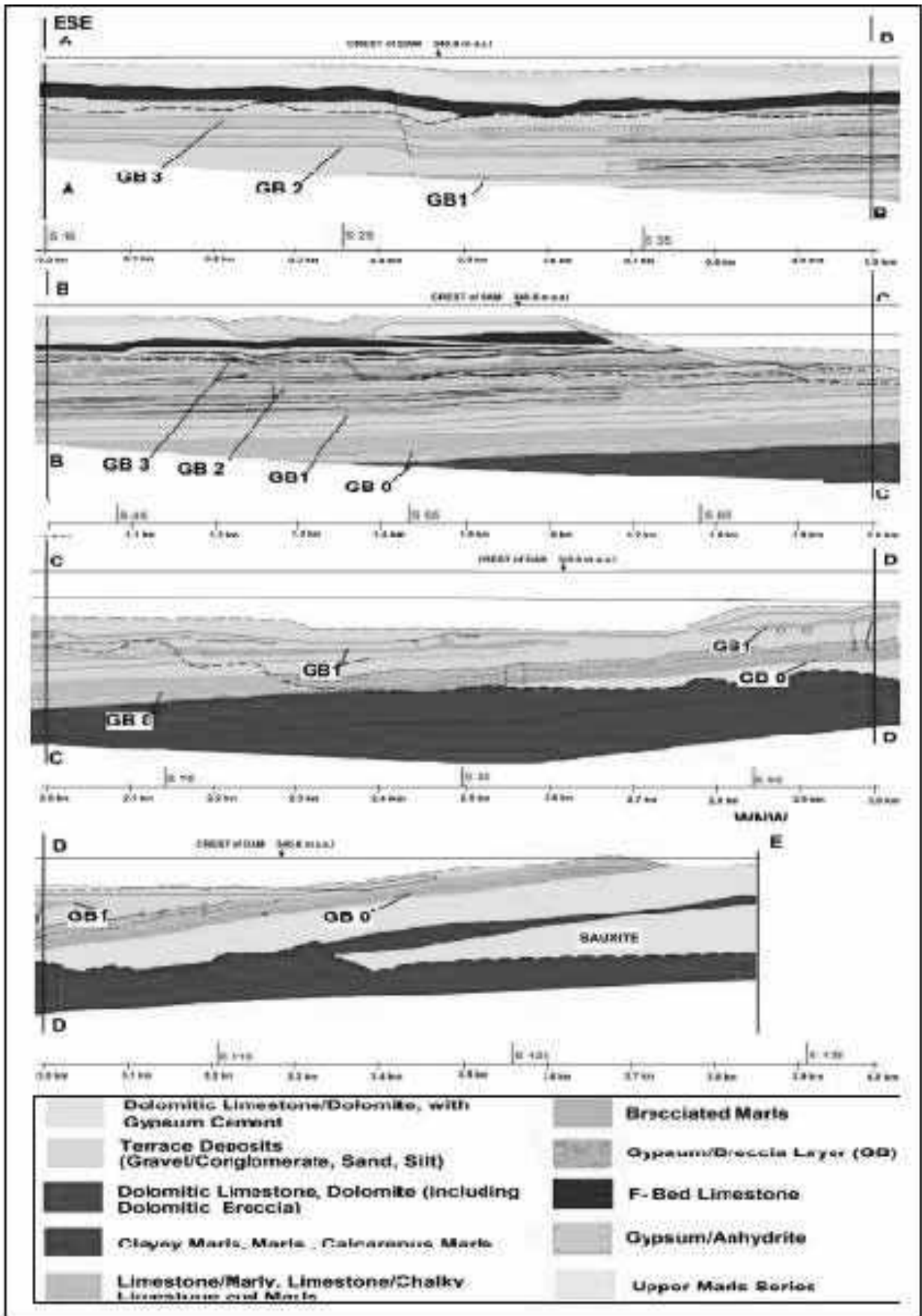


Рисунок 3.6 – Геологическое сечение по оси плотины.

Таблица 3 – Детали шторы для глубокого раствора и их характеристики

Часть занавеса	Количество рядов	Целевые формации	функция
Расширение Левобережья Из раздела С 215 по 151 Общая длина 1560 (Сек. Длина 24м)	1ряд Сделано с поверхности земли	Фундамент здесь до глубины 20-30 м очень проницаем, особенно известняк F-слоя	Для ограничения потока просачивания через абатмент от антиклинали Гебель Тайра до конца седловины
Седловина и заглушка предохранителя Из раздела 16 с. 47 Общая длина 1152м (Сек. Длина 36м)	2ряда Один ряд был изначально разработан, но второй Строка была добавлена в 1986 году после появления пружин в зоне водосливного ковша.	Распространяется через песчано- иловыегравийные отложения, затем в верхнем ряду мергеля и, наконец, через довольнотолстый проницаемый слой известняка F-слоя	Чтобы ограничить просачивание в области между концом главной плотины и в зоне водосброса, а также под седловиной заглушки предохранителя
Главная плотина Из раздела 48 с. 114 Общая длина 2379м (Сек. Длина 36м)	3ряда вертикальных отверстий и; 2ряда наклонных отверстий, сделанных по бокам цементного раствора. Длина этих отверстий 25 м. Бурение и цементация выполняются из бетонной цементной галереи и цементировочного туннеля под левым абатментом	Вертикальные отверстия до 80- 100 метров проникают во все пласты, особенно в проницаемые и растворимые пласты, чтобы достичь уровня карста.	Вертикальная завеса для минимизации просачивания до безопасных пределов, чтобы остановить процессы растворения и эрозии во всех слоях выше карстового уровня. Наклонные отверстия для создания плотной контактной зоны между одеялом

Эти источники появились в феврале 1986 года при заполнении водохранилища впервые и стали результатом просачивания под плотиной и прохождения под основанием водосброса, что угрожало его устойчивости.

Поэтому было необходимо укрепить занавес здесь. Наклонные отверстия были предназначены для улучшения контакта между цементным раствором и верхней частью цементного раствора.

Таблица 4 – Принятые пределы остаточной проницаемости

Расширение слева	Заглушка седла и предохранитель	Главная плотина	Расширение правой
Конкретное значение Lugeon не требуется Приемлемость оценивается по количеству раствора и типам пород фундамента.	%90 всех этапов <5 Лу 100% всех этапов <10 Лу	Верх 30 м %95 всех этапов <2 Лу %100 всех этапов <5 Лу Ниже 30 м %95 всех этапов <5 Лу 100% всех этапов <10 Лу	Никаких конкретных значений Lugeon не требуется. Приемлемость оценивается по количеству раствора и типам пород фундамента.

3.5 Главный занавес плотины

Полная картина изменения проницаемости под плотиной и вдоль ее оси была получена путем проведения обычных испытаний давления воды в пробуренных разведочных скважинах в качестве первого шага. Это изменение показано в таблице 4 для различных формаций от нижних до верхних.

Таблица 5 – Изменение проницаемости в различных формациях под главной плотиной.

Высокая проницаемость	Умеренная до низкой проницаемости	Низкая или нулевая проницаемость
В доломитском известняке выше четко определенного карстового уровня *	В формациях, таких как глинистый ряд, слои GB, такие как ископаемый карст	Все формирования ниже уровня карста

Продолжение таблицы 5

В GB0 на правом берегу		
В меловой серии на дне долины и на правом берегу (с 8 по 14 ноября) выше карстового уровня		
В слое GB3 и в переходных зонах выше карстового уровня		
В изолированном известняке в глиняном ряду выше карстового уровня		
В F-пласте известняк на левом берегу выше карстового уровня		

После завершения базового режима затирки отверстиями (P, S, T) возникла необходимость в добавлении четвертичных и двойных отверстий. Значения остаточной проницаемости во многих из этих областей оставались выше критериев приемлемости. Эти места назывались «окнами» и располагались в следующих частях завесы следующим образом:

-Большие площади в иерибском известняке из гл. 89 с. 109 (Дно долины и правый берег).

-Большие участки в меловой серии из гл. 79 с. 92 и гл. 97, 102, 104, 106 и с. 108.

-Большая площадь над цементировочным туннелем между сек. 57 и гл. 61, а также ограниченные участки в гл. 55 и довольно большая площадь ниже структуры головы водосброса, гл. 49 к началу гл. 54. Поскольку активируется окончание цементации, некоторые из этих зон были снова обработаны дополнительными отверстиями (ремонтная цементация), и эта работа продолжается даже до сегодняшнего дня. Используемые смеси для затирки были в основном (смеси цементного бентонита), но смесь бентонитового геля и смесь силикагеля также использовались в четвертичных и дополнительных

двойных отверстиях, когда базовый рисунок продолжал демонстрировать высокую остаточную проницаемость.

На более поздней стадии (ноябрь 1987 г.) использовалась массивная смесь, когда на некоторых законченных участках наблюдалось ухудшение, и требовались высокие затирки и в очень короткое время. Эта смесь состояла из двух весов песка и одного веса цемента плюс 4% бентонита. Необходимость доставки больших объемов этой смеси за относительно короткое время требовала бурения одного эксплуатационного отверстия от вершины плотины до галереи и обвязки его стальной трубой 15 см. Затирочная смесь доставлялась на вход грузовиками и прокачивалась по трубе, и было возможно заполнить раствор более чем в одном месте в галерее одновременно. Этот метод оказался очень полезным в чрезвычайных ситуациях, а также при проведении ремонтных работ до настоящего времени, как указано Международным советом экспертов Мосул плотины. Еще две такие трубы доставки были установлены позже на других участках.

3.5 Занавес седла и заглушка предохранителя

Для определения глубины занавеса также были проведены разведочные скважины со 100% извлечением керна и испытания давлением воды. Зоны высокой проницаемости были расположены в известняке F-слоя и в подстилающих ангидридных / гипсовых брекчиях GB3. После завершения двухрядной завесы ограниченные зоны имели остаточную проницаемость выше, чем принятые проектные критерии. Они были расположены между гл. 31 и гл. 35 в дополнение к гл.38. Две области, где в F-кровать, а три другие области в GB3. Цементные базовые растворы использовались в основном (P, S, T) образце, а смесь бентонитового геля использовалась в четвертичных и двойных отверстиях, которые были просверлены после записи высоких значений в основном (P, S, T) образце.

3.6 Левая удлинительная шторка

Однорядный занавес в этой части простирался на расстояние 1500 метров. Он предназначался для обработки высокопроницаемого известнякового образования в F-слое. Только 12 разведочных скважин были пробурены на глубине от 59 до 120 метров. Полное извлечение керна было выполнено с помощью испытаний под давлением воды, чтобы приблизительно определить границу между проницаемыми и непроницаемыми породами.

					ИОУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Это указывало на наличие областей высокой проницаемости в известняке F-слоя. Напротив, серии GB3 и верхний мергель показали очень низкую проницаемость. После завершения заливочных отверстий с использованием цементного основания только проверочные отверстия не выполнялись. Но количество потребленного раствора использовалось в качестве показателя эффективности лечения. Высокое потребление было зафиксировано в первичных и вторичных отверстиях и во многих третичных отверстиях между с. 201 с. 198 - от умеренных до низких – от с. 197 с. 189. В секциях 182, 180 и 178 заборы раствора были настолько высоки, что были также выполнены четвертичные и пятиугольные отверстия.

3.7 Правое продление

Это расширение простирается от конца плотины на правом берегу гл. 123 на длину 408 сек. 139. Состоит из двухрядной шторки из гл. 123 с. 133 и один ряд занавес из гл. 134 с. 139.

Разведочные скважины были выполнены с полным извлечением керна и тестами давления воды, чтобы определить границу между проницаемыми и непроницаемыми породами. Глубина верхнего ряда в шторке из двух рядов варьировалась от 135 до 125 метров, а глубина второго ряда - от 90 до 60 метров. Направление расширения следует слегка вверх по течению.

Длина и направление, были выбраны в результате гидрогеологических исследований на основе математической модели [12], а также с использованием тестов давления воды. Результаты по проницаемости материнской породы показали очень высокие значения проницаемости в доломитовом известняке выше и ниже уровня картов, который остается очень глубоким и проходит в перпендикулярном направлении к продолжению. После завершения этого проделывания не было пробурено никаких контрольных отверстий, но проверка потребленных количеств цементного раствора показала средний диапазон значений между 295 кг / м в секунду. 123 и 944 кг / м при сек. 127.

Мосульская плотина была построена на высоко карстовых скалах формации Фата. В связи с наличием огромного количества пещер, суставов, трещин и полостей, была проведена операция затирки, чтобы заполнить эти элементы и остановить просачивание через них. Во время строительства плотины были замечены подстилающие под фундаментом. Чтобы остановить эту утечку и обеспечить безопасность плотины, была проведена обширная цементация. Обработка фундаментов Мосульской плотины состоит из двух

основных типов цементационных работ, а именно: цементирование под общим слоем и глубокий занавес.

Первый был выполнен под ядром главной плотины. Предполагалось закрыть отверстие, изначально существовавшее в породах фундамента, создав тем самым более однородную верхнюю часть фундамента по проницаемости и сжимаемости. Последнее должно было создать барьер против просачивающегося потока в фундаментах под плотиной и снизить проницаемость затопленных зон до минимально возможных значений. Глубокая штора делится на 4 части. Первая находилась под главной плотиной и вдоль ее оси была сделана путем проведения обычных испытаний давлением воды в пробуренных разведочных скважинах в качестве первого шага. Второй находился под седловиной заглушкой и заглушкой плавкого предохранителя, где были установлены две рядные шторы. Третье место занял левый удлинитель, который простирался на расстояние 1500 метров. Наконец, четвертый занавес был выполнен с правой стороны расширения. Он состоит из двухрядной шторки в одном месте (разделы 123 - 133) и одной рядной шторки в другом месте (разделы 134 - 139). В период с 1986 по 1988 год было замечено, что шторы в некоторых местах портятся, а также в линзах с высокой плотностью осталась линза с основанием главной плотины в сериях известняков Джерибе и Чалки. Кроме того, высокая остаточная проницаемость не может быть допущена в слоях ангидрита / гипса, особенно в зонах, где начался процесс растворения. Необходима обширная программа технического обслуживания, чтобы контролировать процесс просачивания в пределах заполненной зоны, чтобы остановить растворение гипса и защитить безопасность Дамба. Общий объем закачанного раствора с 1986 года составляет около 95657 тонн.

3.8 Метод впрыска

Метод впрыска: метод впрыска начался в конце 1988 года, после того как бетон начал растворяться при контакте с водой. Под основанием плотины пробурены специализированные скважины для закачки водостойкой цементной смеси. Процесс закачки осуществляется периодически 5 дней в неделю с помощью огромных механизмов, которые заполняют полости, образованные внутри плотины, и процесс впрыска еще не остановился до сегодняшнего дня

					ИОУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45



Рисунок 3.7 – Скважины для цементации

3.9 Строительство новой плотины Бадуш

В середине 1990-х годов, после рассмотрения всех рисков, которые могут быть вызваны Мосульской плотиной Иракское правительство и рекомендации иностранных компаний решили построить плотину Бадуш, которая вначале должна была бы уменьшить давление на Мосульскую плотину и снизить риск затопления, которое произойдет, если Мосульская плотина будет разрушена, и эта плотина со временем станет заменой

Плотина Бадуш - это незаконченная многоцелевая плотина на реке Тигр, расположенная недалеко от Бадуша, в 16 км к северо-западу от Мосула в мухафазе Найнава, север Ирака. Если строительство завершено, основной целью плотины является обеспечение защиты от аварии нестабильной Мосульской плотины вверх по течению. Кроме того, гидроэлектростанция будет иметь установленную мощность 170 МВт, а плотина будет дополнительно регулировать стоки от плотины Мосул. Обеспокоенность по поводу стабильности Мосульской плотины внесла значительный вклад в недавние попытки возобновить строительство плотины Бадуш и, возможно,

расширить ее. Еще в декабре 2005 года министерство водных ресурсов Ирака разрабатывало проект возобновления строительства плотины.

В настоящее время для завершения первоначального проекта потребуется около 300 млн. Долл. США, но правительство Ирака с осторожностью тратит дополнительные 10 млрд. Долл. США на увеличение размера плотины, чтобы помочь смягчить потенциальный ущерб. Текущий проект содержит основную плотину с грунтовым заполнением с наклонным глинистым ядром и другими случайными заливками, две седловины (плотины с земляным заполнением) на левом берегу и бетонную плотину длиной 240 метров на правый берег. Бетонная плотина включает в себя восемь нижних выходов, водосброс и четыре водозаборных устройства и водовода, успокаивающий бассейн, подголовник и каналы хвостовой части.

Рядом с бетонной плотиной находится электростанция. Водослив плотины Бадуш будет иметь максимальную производительность 4000 м³/с; Каждый гидроагрегат будет иметь производительность 275 кубических метров в секунду, в общей сложности 1100 м³/с.

Нижние выходы, электростанция и водослив вместе обеспечивают пропускную способность 13 100 м³/с. Нормальный уровень водохранилища составляет 245,5 м над уровнем моря, а максимальный уровень составляет 307 м. Допуск 61,5 м между нормой и максимумом предназначен для защиты от наводнения от обрушения Мосульской плотины. На своем максимальном уровне Бадушское водохранилище может вместить 10 000 000 000 м³, что достаточно для поглощения и прохождения волны Мосульской плотины, согласно исследованию волн.



Рисунок 3.8 – Плотина Бадуш

4 ТЕХНОЛОГИЯ АКТИВНОЙ ЗАМЕНЫ ГИПСА В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ

4.1 Технология активной замены гипса в основании плотины

Применяемые методы укрепления тела плотины несомненно позволяет удерживать ее в работоспособном состоянии, однако не решают кардинально проблему. Это доказывается мониторингом технического состояния плотины постоянно фиксирующим возникающие деформации и провалы.

Для получения надежных характеристик устойчивости необходимо заменить в геологическом разрезе легкорастворимый гипс на цемент, не дожидаясь образования пустот.

Поэтому мною предлагается технология активной замены гипса в основании плотины, заключающаяся в следующем/

На основании инженерно – геологических изысканий выявляем места и параметры залегания слоев гипса. Бурим скважины на глубину полного вскрытия слоя гипса. В центральную скважину с помощью высоконапорных насосов нагнетаем воду. При достижении фронта растворения откачивающих скважин начинаем откачку воды. Одновременно с этим начинаем нагнетание цементного раствора через центральную скважину. Цементный раствор вытесняет воду с растворенным гипсом к откачивающим скважинам, заполняя полость залегания гипса.

Полнота заполнения контролируется фактом появления в растворе гипса, извлекаемого скважинами цементного раствора.

Технологические параметры и прежде всего расстояние между скважинами, создаваемое давление, время процесса растворения гипса устанавливается опытными работами.

Насосы высокого и среднего давления Tesciwell спроектированы и изготовлены в соответствии с самыми современными стандартами строительства, чтобы удовлетворить многие потребности, которые могут возникнуть на рабочей площадке.

Основные механические компоненты изготовлены с использованием лучших сталей и термической обработки; Дизайн и конструкция насосов основаны на фундаментальных принципах простоты и рациональности.

Благодаря этим конструктивным особенностям насосы Tesciwell обеспечивают высочайшие характеристики, как с точки зрения надежности, так и долговечности.

Насосы высокого и среднего давления Tesniwell обеспечивают рабочее давление до 900 бар и подачу до 2,600 л/мин (686 галлонов в минуту) доступны в версиях от 150 до 1000 л.с.

Привод обеспечивается дизельным двигателем, по запросу могут быть оснащены электродвигателем.

Растворонасосы для струйной цементации (Jet Grouting)

	TW100	TW200	TW400/S	TW500	TW600	TW700	TW800	TW1000
Макс. давление атм.	400	400	800	800	900	900	820	900
Макс. расход л/мин	285	360	580	625	675	875	2500	1200
Мощность кВт(л.с.)	100 (136)	175 (238)	400 (544)	400 (544)	450 (612)	566 (770)	566 (770)	708 (963)
Диаметр плунжеров мм (")	60 (2 ¼) - 88,9 (3 ½)	75 (3 ") - 100 (4")	75 (3 ") - 125 (5")	75 (3 ") - 125 (5")	75 (3 ") - 125 (5")	75 (3 ") - 125 (5")	101,6 (4") - 140 (5½)	88,9 (3 ½) - 140 (5 ½)
Ход плунжера мм (")	101,6(4)	101,6 (4)	152,4 (6)	152,4 (5)	177,8 (7)	177,8 (7)	203,2 (8)	203,2 (8)

Рисунок 4.1 – Характеристики насосов для цементации

4.2 Обоснование оборотной системы водоснабжения технологии активной замены гипса в основании плотины

Одной из проблем применения данной технологии является необходимость использования большого количества воды и риск загрязнения воды водохранилища сульфатами. Поэтому предлагается оборотная система водоснабжения технологического процесса.

В составе воды, как правило, присутствуют три основных аниона, сульфаты, хлорид-ионы и гидрокарбонаты. Превышение содержания сульфатов, как правило, всегда идет параллельно с повышением всех показателей солевого ее состава, в том числе и общей жесткости, паре Ca + Mg, хлоридов, кремния. Поэтому при очистке воду следует частично обессоливать, иными словами провести коррекцию всех растворенных в воде солей.

Особенно это важно, если очищенные воды находятся в оборотном водоснабжении, тогда сульфаты будут являться источником жестких сульфатных накипей.

В водоочистке при различной концентрации сульфатов и технологии производства могут применяться как обратный осмос, так и ионообменные смолы.

4.3 Анализ методов удаления сульфатов из воды

4.3.1 Метод обратного осмоса

Создаваемое давление гонит воду через полупроницаемые мембраны с порами 10-7 см. Диаметр пор и их строение позволяют проникать через мембрану только молекулам определенных газов и воды. Загрязненная вода под высоким давлением, проникает через поры мембраны из сильно насыщенного в слабо насыщенный раствор и образует при этом два потока. В первом - чистая вода, а в другом - с задержанным на мембране осадком, который затем поступает в отстойник.

Обратноосмотические установки практически полностью очищают загрязненные воды от примесей. Кроме этого, они обладают еще рядом преимуществ:

1. состав поступающей на очистку воды не влияет на качество очистки;
2. отсутствие в техпроцессе химических реагентов превращает этот метод в безопасным в плане экологии;
3. компактные размеры оборудования позволяют разместить его на небольшой площади;
4. параллельно с освобождением от сульфатов, снижаются показатели жесткости воды, происходит удаление неприятных запахов, осветление и очищение от прочих химикатов;
5. простота использования установки, безопасность и продолжительное время использования.

Недостатком обратноосмотического оборудования можно считать большие материальные затраты, но эффективность очистки компенсирует затраты на ее приобретение.

4.3.2 Метод ионного обмена

В данном методе используются ионообменные смолы сильного основания - аниониты. Они присоединяют анионы соединений, растворенных в воде, избирательно и имеют относительное родство по отношению к тем ионам, которые удаляются из раствора, по следующему ряду:

Основным условием протекания реакции обмена является расположение в этом ряду анионитов в растворе слева от анионов, которые находятся в смоле.

Сульфат кальция, как анион, замещается на гидроксил на положительно заряженной ионообменной смоле, а катион кальция замещается на водород на отрицательно заряженной катионообменной смоле.

Метод ионного обмена применяется для загрязненных вод с высоким содержанием сульфатов. Для регенерации смолы используются недорогие химические реагенты, такие как известь и серная кислота. Кроме того, этот способ используется в подготовке воды при производстве пива с легким, без горчинки, вкусом.

Тем не менее метод ионного обмена не лишен недостатков:

Следует внимательно следить за процессом очистки из-за риска внезапного попадания сульфатов в очищенную воду, когда сульфаты, накопленные в смоле, вытесняются сульфат-анионами, поступающими из исходной воды.

Необходимость жесткого контроля очищенной и исходной воды.

Строгое нормирование сульфатов в технологическом процессе.

При выборе метода нужно руководствоваться оптимальным соотношением необходимых результатов и затрат.

4.3.3 Электродиализ

Метод включает в себя процесс выборочного переноса ионов под действием электрического тока через перегородки (мембраны), состоящих из ионитов. Как правило, используют группы чередующихся ионно- и катионообменных мембран. Сквозь ионообменные мембраны могут проникать только ионы имеющие тот же знак. Катионы движутся к катоду и проходят катионитовые мембраны, анионитовые мембраны их задерживают. Анионитовые мембраны, в свою очередь, пропускают ионы, которые движутся к аноду и останавливают катионы. В результате с помощью тока соли переносятся из положительных камер в отрицательные. В положительных камерах вода очищается, а в отрицательных накапливается осадок.

При реверсировании тока меняется полярность электродов (анод становится катодом и наоборот) и камеры опреснения и концентрации осадка меняются местами. Это позволяет удалять отложения, которые образовались

в процессе электродиализа, что, в свою очередь, сводит к минимуму использование ингибиторов и уменьшает количество промывок.

Основными преимуществами метода электродиализа с реверсированием электрического тока можно считать:

1. применение при любой температуре сточной воды и рН;
2. уменьшение капитальных затрат за счет снижения рабочего давления;
3. использование очищенной воды в оборотном водоснабжении;
4. высокое качество очистки.

Недостатками электродиализа является дефицитность и высокая стоимость мембран и большая энергоемкость. Кроме того при неправильной эксплуатации может образовываться накипь сульфата калия.

4.3.4 Биологический метод

Альтернативой химическим методам очистки сточных вод от сульфатов является биологический метод с применением сульфатредуцирующих бактерий - анаэробных микроорганизмов, различающихся по строению клеток и биохимическим показателям.

В процессе биологической очистки сульфатсодержащие сточные воды пропускаются через пористую загрузку с микрофлорой, где происходит адсорбция на анаэробном фильтре. В проточных системах, таким образом, осуществляется иммобилизация микроорганизмов, которая позволяет снизить вымывание биомассы. Процессы очистки могут происходить в оборудовании различной конструкции.

Основными преимуществами биологического метода можно считать:

1. отсутствие энергозатрат на аэрацию;
2. развитие небольшого количества активного ила, что снижает потребность в питательных веществах;
3. компактное оборудование, которое не занимает больших площадей;
4. не требовательность анаэробных комплексов к ограничению по акцептору электрона, что позволяет увеличить их загрузку;
5. снижение концентрации сульфатов в очищенных водах до требований ПДК;
6. отсутствие необходимости дополнительной очистки вод.

Недостатками метода являются низкая скорость прироста биомассы и ее небольшое количество. Для повышения концентрации сульфатредуцирующих бактерий используют легкоусвояемое органическое питание или объединяют микроорганизмы в специальные группы.

Метод биологической очистки сточных вод от сульфатов внедрен во многих зарубежных странах, где совершенствуются технологии применения сульфатредуцирующих бактерий. В России данный метод считается достаточно перспективным.

4.3.5 Термические методы

К термическим методам очистки сточных вод от сульфатов относят дистилляцию (при высоких температурах) и замораживание (при низких температурах). Они используются при опреснении шахтных, морских или сточных вод в определенных отраслях промышленности.

Принцип дистилляции заключается в способности молекул воды при нагревании приобретать энергию, превышающую силы межмолекулярного притяжения и отрываться от поверхности воды в виде пара. Соли же остаются в растворе. Но здесь вероятность образования отложений сульфата калия, так называемой, сульфатной накипи, на нагревательной поверхности. Метод дистилляции будет наиболее экономичен при концентрации анионов SO_4^{2-} более 3 г/л и производительностью установки 15 000 м. куб. в сутки.

При замораживании происходит понижение температуры и вода образует кристаллы льда, тем самым вытесняя молекулы солей из очищаемой воды. При размораживании льда образуется опресненная вода.

Основной недостаток дистилляции - высокая энергоемкость. Метод замораживания в промышленности не применяется.

4.3.6 Геохимические барьеры

Геохимические барьеры - это участки земной коры, на которых резко изменяются физико-химические условия миграции элементов на небольшом расстоянии, что приводит к их осаждению.

Барьеры могут быть механические, физико- или биохимические, а также естественные и искусственные. Материалами для создания барьеров служат как природные структуры (торф, горные породы и проч.), так и промышленные отходы (пиритные огарки, отходы содового производства и проч.).

Геохимические барьеры можно выполнять в виде траншей, заполняющихся реагентом. Например, соединениями бария ($\text{Ba}(\text{OH})_2$, BaCl_2), которые связывают сульфаты в барит BaSO_4 , устойчивый к внешним условиям и нетоксичный.

В качестве биохимического барьера используются сточные воды муниципальных очистных сооружений с добавлением сульфатредуцирующих бактерий. Такие воды содержат большое количество питательных веществ и способствуют увеличению биомассы микроорганизмов. В этом случае сульфаты осаждаются в виде гидроксидов и карбонатов.

В основе метода лежит использование природных механизмов, в которых участвуют высшие околводные растения (гидрофиты и гигрофиты). Биоплато имеет ложе фильтрующего слоя из щебня, гравия, песка или других похожих материалов, на котором произрастают водные растения.

Преимуществами искусственных болотных систем можно считать отсутствие негативного влияния на окружающую среду, а также затрат энергии и химических веществ. Кроме того, биоплато дает хороший результат даже при низких температурах в зимний и осенний период.

4.4 Реагентная очистка воды от сульфатов

Проведенный анализ показал, что для наших целей и условий наиболее перспективным является реагентная очистка раствора гипса от сульфатов

Данный метод очистки заключается в гравитационном осаждении крупных частиц, тонкодисперсные же частицы размером 10 мкм осаждаются с применением коагуляции. Реагентом, как правило, выступает известковое молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$. В результате сульфат кальция осаждается и затем отделяется от очищенной воды.

Технологический процесс известкования состоит в добавлении в загрязненный водный раствор известкового молока и осаждение нерастворимого осадка под действием силы тяжести. Это делает реагентный метод весьма эффективным. Оксид кальция соединяется с водой и образует гидроксид кальция, который осаждает сульфаты в водном растворе.

На хлопьях гидроксида происходит сорбция, далее вводится флокулянт, сокращающий дозу коагулянта и образующий компактные хлопьевидные конгломераты, которые легко выделяются из водного раствора.

Часто коагулянтом служит сульфат двухвалентного железа (железный купорос) FeSO_4 . Вступая в реакцию с ионами гидроксида и хлорат-ионами хлорной извести, окисляется до трехвалентного гидроксида железа и при этом поглощает осажденные нерастворимые соли кальция. Железный купорос можно заменять сульфатом $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ или хлоридом трехвалентного

железа $FeCl_3$, но по причине чрезмерной способности вызывать коррозию данные соединения не получили широкого применения.

Наиболее эффективным коагулянтом является оксихлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl$, так как для осаждения сульфат-ионов не требуется дополнительного внесения хлорид-ионов. Кроме того, он увеличивает скорость коагуляции, не подкисляет воду и дает высокое качество очистки с минимальным содержанием остаточного алюминия в воде.

Не стоит использовать сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$, который имеет аморфную структуру и при pH среды выше 8, что неизбежно при известковании, образует алюминаты, для выделения которых из водного раствора необходима дополнительная обработка.

Флокулянтом в процессе реагентной очистки может служить полиакриламид. Его действие заключается в связывании взвешенных частиц посредством образования полимерных мостиков и последующим формированием крупных трехмерных агрегатов. Полиакриламид ускоряет процессы гравитационного осаждения.

Реагентный метод очистки сточных вод от сульфатов имеет свои плюсы и минусы.

К недостаткам можно отнести: громоздкое оборудование; большой расход реагентов; очищенные воды требуют дополнительной обработки; невозможность использования в оборотном водоснабжении из-за высокого содержания солей.

Среди преимуществ следует отметить универсальность и простоту эксплуатации, качество очистки независимо от начальных концентраций.

Основным элементом технологии реагентной очистки является флотатор.

Анализ рынка показал, что наиболее надежным является напорный флотатор Flotomax-S.

Общее описание

Варианты технологических схем с использованием напорного флотатора Flotomax-S могут иметь различные компоновочные решения. В зависимости от требований, предъявляемых к сбрасываемым сточным водам предприятий, оборудование может применяться отдельно, либо в составе комплекса очистных сооружений промышленных стоков.

Таблица 5 – Показатели очистки поверхностных стоков

Показатели очистки поверхностных стоков	
Взвешенные вещества	до 95%
Нефтепродукты	до 95%
ХПК	до 40%
БПК	до 60%
Жиры	до 98%
Сульфаты	до 95%
Железо	до 95%
ПАВ	до 60%
Фенолы	до 40%
Аммонийная группа	до 10%
Аммонийная группа	до 10%

При необходимости, перед флотатором проводится реагентная обработка производственных сточных вод для повышения эффекта очистки.



Рисунок 4.1 – Флотационная установка

4.4.1 Конструкция флотационной установки

Напорные флотаторы Flotomax-S изготавливаются из коррозионностойкого армированного стеклопластика на собственном заводе. Используемые технологии и материалы дают возможность эксплуатировать флотационные машины в различных условиях.

Конструкция, гидравлические параметры и технологические характеристики аппарата позволяют оптимально рассчитать его применение для конкретных производственных сточных вод с гибким регулированием процесса очистки для достижения максимальной эффективности работы оборудования на предприятии.

4.4.2 Принцип работы флотационной установки

Промышленные сточные воды, прошедшие предварительную грубую механическую очистку от мусора и крупных механических включений, подаются на флотатор, где в специальном отсеке смешиваются с водой, насыщенной растворенным воздухом, из сатуратора. В процессе смешения с падением давления, по всему объему камеры образуются мельчайшие пузырьки воздуха, которые увлекают за собой частицы загрязнений на поверхность и образуют слой шлама. Объем рециркуляционной водовоздушной смеси составляет 50% от производительности флотационной установки. С ростом концентраций загрязнений, объем водовоздушной смеси (рецикл), подаваемый во флотатор увеличивается, обеспечивая необходимую степень очистки.

Шлам с поверхности непрерывно удаляется скребковым механизмом в шламовый лоток и по трубопроводу стекает в отдельный шламосборник. Вода, пройдя весь объем флотатора, освободившись от всплывающих загрязнений, проходит под полупогружной перегородкой в отсек чистой воды и сливается по трубопроводу на выпуск.

Из отсека чистой воды осуществляется забор жидкости насосом, установленным на раме. В байпасной линии насоса установлен эжектор, в который через ротаметр с регулировочным вентилем подсасывается воздух. Затем водо-воздушная смесь поступает в сатуратор, где под давлением происходит растворение воздуха в воде. Из сатуратора вода, насыщенная растворенным воздухом, через дросселирующее устройство подается на смешение с исходным промышленным стоком.

Запуск

Комплект поставки флотационного оборудования Flotomax-S включает в себя все необходимые элементы для запуска в работу. Требования к помещению, в котором будет размещено оборудование: наличие отопления, вентиляция и достаточное освещение.

Устанавливать следует на ровное подготовленное основание (бетонный пол);

В соответствии с руководством по эксплуатации осуществить подключение технологических трубопроводов и электрической разводки;

Далее, залив емкость флотатора чистой водой, произвести запуск;

Флотационная машина управляется через пульт. Доступно два режима работы: ручной и автоматический. Пульт размещается в непосредственной близости от флотатора, либо прямо на нем.

					<i>ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА МОСУЛ

Питьевая вода, принимается внутрь организма человека в объеме 1,5-3,0 л/чел в сутки. Она является продуктом питания, которому нет замены на земле, поэтому она должна быть безвредна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь удовлетворительные органолептические свойства.

Данная работа посвящена вопросам проектирования очистных сооружений в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Целью работы является расчета очистных сооружений водоснабжения. На основе исходных данных определяется производительность и состав очистных сооружений, подбирается необходимое оборудование и реагенты. Запроектированные сооружения водоподготовки обеспечивают очистку природной воды до требований СанПиН 2.1.4.1074-01.

					ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

5.1 Определение полной производительности очистных сооружений

Полная производительность ($Q_{o.c.}$) очистных сооружений водоснабжения складывается из расчетного расхода воды для суток максимального водопотребления ($Q_{\max \text{ сут}}$), расхода воды на собственные нужды станции:

$$Q_{o.c.} = \alpha \cdot Q_{\max \text{ сут}} \quad (2)$$

где $Q_{\max \text{ сут}}$ равен 50000 м³/сут;

α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды станции, принимается 1,2 согласно [1].

(Собственные нужды станции: промывка микрофильтров, контактных префильтров и скорых фильтров)

Таким образом:

$$Q_{o.c.} = 1,2 \cdot 50000 = 60000 \text{ м}^3/\text{сут} = 2500 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Данный расход учитывает расход воды на собственные нужды станции, равный 10000 м³/сут.

5.2 Выбор и обоснование технологической схемы очистки воды и состава очистных сооружений

Метод обработки воды и необходимый для этого состав очистных сооружений устанавливаются в зависимости от производительности и качества воды в источнике, определяемого физико-химическими и бактериологическими показателями и требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Согласно [1, п. 6.9] воды данного источника водоснабжения (озера) являются:

малой мутности – $M = 40$ мг/л;

средней цветности – $C = 90$.

Метод обработки воды и необходимый для этого состав очистных сооружений устанавливается в зависимости от производительности и качества воды в источнике и представляют собой технологическую схему очистки природных вод.

Используемые в практике водоподготовки технологические схемы можно классифицировать:

Наличие реагентной обработки воды: реагентные и безреагентные;

По эффекту осветления: грубого осветления и полного осветления;

По числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них: одноступенчатые, двухступенчатые и т.д.

По способу подачи (движения) воды: напорные и безнапорные.

В данном курсовом проекте принята реагентная, двухступенчатая, безнапорная схема полного осветления.

Основные сооружения водоочистной станции определены в зависимости от исходной мутности и цветности воды, производительности станции и требований к качеству воды на выходе. Предварительный выбор основных технологических сооружений таких станций может быть произведен на основании рекомендаций табл. 15 [1].

Выбранная технологическая схема: контактные префильтры – скорые фильтры.

Содержание планктона в исходной воде составляет 3000 кл/мл, что больше допустимой нормы. В технологической схеме необходимо предусмотреть сооружения по предварительному осветлению исходной воды (микрофильтры).

Привкусы и запахи соответствуют норме, поэтому специальной обработки воды для их снижения не требуется.

Для обеззараживания воды и снижения окисляемости при водоподготовке применяется дробное хлорирование. (1-я доза: хлор вводится перед микрофильтрами (предварительное); 2-я доза: хлор вводится после скорых фильтров).

Расчет высотной схемы очистной станции.

Высотная схема очистных сооружений представляет собой продольный профиль, на котором указываются высоты сооружений по ходу движения воды, и устанавливаются зависимости между абсолютными отметками уровней воды в технологических сооружениях (резервуар чистой воды - скорые фильтры - контактные префильтры - смесители - микрофильтры).

Составление высотной схемы начинается с наиболее низкорасположенного сооружения – резервуара чистой воды (РЧВ). Затем, задаваясь потерями напора в оборудовании и соединительных коммуникациях, находят необходимые отметки уровней воды в отдельных сооружениях.

Для предварительного высотного расположения сооружений потери напора принимаются в соответствии с п. 6.219[1], а дальнейшие расчеты уточнят расположение сооружений. Потери напора приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Потери напора в сооружениях и коммуникациях

Сооружение	Потери, м
Микрофильтр (МФ)	0,4
Смеситель	0,5
Префильтр	2,87
Скорый фильтр	4,7
От микрофильтров к смесителям	0,2
От смесителей к префильтрам	0,3
От префильтров к скорым фильтрам	0,5
От скорых фильтров к РЧВ	0,5

На высотной схеме, кроме отметок уровня воды указываются отметки дна сооружений. Для определения отметок дна сооружений, находим самую высоту сооружений. Отметки уровня воды, уровня дна сооружений отражены в таблице 7.

Таблица 7 – Отметки уровня воды и уровня дна основных сооружений

Сооружение	Высота сооружения	Уровень воды	Уровень дна
Микрофильтр(МФ)	1,7	12,17	10,47
Смеситель	4,4	11,57	7,17
Префильтр	3,8	10,67	6,87
Скорый фильтр	4,5	7,2	2,7

Высотная схема очистных сооружений представлена в приложении на листе 5.

5.3 Определение расчетных доз

Расчетные дозы реагентов устанавливаются на основании технологических исследований или по результатам работ очистных сооружений в аналогичных условиях. Для ориентировочных расчетов при разработке проекта максимальные и среднегодовые дозы коагулянтов допускается определять следующим образом:

дозу безводного коагулянта в расчете на $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ при обработке мутных вод определяют по табл.16[1];

Согласно заданию $M = 40$ мг/л, $\zeta = 90^\circ$, следовательно:

$$D_k = 25-35 \text{ мг/л}$$

для обработки цветных вод дозу реагента определяют по формуле

$$D_k = \sqrt{\zeta} \quad (3)$$

$$D_k = 4 * \sqrt{90} = 37,9 \text{ мг/л}$$

При одновременном содержании в воде источника водоснабжения веществ, обуславливающих цветность и мутность, принимается большая из доз. Примем $D_k = 37,9$ мг/л в расчете на $Al_2(SO_4)_3$.

Для интенсификации процесса коагуляции используем флокулянт в виде полиакриламида (ПАА) в пересчете на 100% продукт. Его дозировку примем 0,2 мг/л, так как ввод будет осуществляться перед префильтрами, после ввода коагулянта

Для улучшения хода коагуляции и обесцвечивания воды, а также для улучшения санитарного состояния очистных сооружений рекомендуется [1,2] производить предварительное хлорирование. Дозу хлоросодержащих реагентов примем 5 мг/л.

Для улучшения процесса хлопьеобразования воду необходимо подщелачивать.

Доза подщелачивающего реагента определяется по формуле

$$D_{щ} = K_{щ} * (D_k/e_k - Щ_0) + 1, \quad (4)$$

где $K_{щ} = 28$ – для извести,

$D_k = 37,9$ мг/л – доза безводного коагулянта в период подщелачивания

$e_k = 57$ мг/мг-экв – эквивалентная масса безводного коагулянта для $Al_2(SO_4)_3$

$Щ_0 = 3,8$ мг-экв/л – минимальная щелочность воды

$$D_{щ} = 28 * (37,9/57 - 3,8) + 1 = -86,76 \text{ мг/л}$$

Так как по расчету доза подщелачивающего реагента отрицательна, подщелачивание не требуется.

Суммарная мутность определяется как:

$$C_v = M + K_k * D_k + 0,25 * \zeta + V_{и}, \quad (5)$$

где

$M = 40$ г/м³ – количество взвешенных веществ в исходной воде (принимается равным мутности воды);

$D_k = 37,9$ г/м³ – доза безводного коагулянта по безводному продукту;

$K_k = 0,5$ – коэффициент для очищенного сернокислого алюминия;

$C = 90^\circ$ - цветность исходной воды;

$V_{и} = 0$ – количество нерастворимых веществ, вводимых с известью

$$C_{в} = 40 + 0,5 * 37,9 + 0,25*90 + 0 = 81,45 \text{ мг/л}$$

Ввод реагентов в обрабатываемую воду следует осуществлять следующим образом:

Хлоросодержащие реагенты для предварительного хлорирования вводят во всасывающие трубопроводы насосной станции 1-го подъема или напорные водоводы, подающие воду на очистные сооружения; для обеззараживания – после скорых фильтров, перед резервуарами чистой воды;

Коагулянт – в трубопровод перед смесителем или в смеситель;

Флокулянты вводят через 2-3 минуты после введения коагулянта.

5.4 Расчет оборудования реагентного хозяйства

Реагенты, как правило, подаются в воду в виде растворов или суспензий. Существует два способа хранения реагента: «мокрое» и «сухое». В курсовом проекте принято «мокрое» хранение, которое предусматривается в растворных баках. Растворные баки будут одновременно использоваться и как резервуары-хранилища.

Расчет сооружений для «мокрого» хранения коагулянта следует производить из условия применения неочищенного сернокислого алюминия с содержанием в нем безводного продукта 33,5%.

Суточный расход, т/сут, товарного коагулянта определяется по формуле:

$$Q_k = \frac{Q_{расч} * D_k}{10000 P_c}, \quad (6)$$

где D_k – расчетная доза коагулянта, г/м³

P_c – содержание безводного продукта в коагулянте, для неочищенного коагулянта- 33,5% %

$$Q_k = \frac{60000 * 37,9}{10000 * 33,5} = 6,4 \text{ т/сут}$$

На станции водоподготовки необходимо предусматривать 15-30-суточный запас коагулянта.

Итого с учетом запаса, количество коагулянта с запасом на 15 суток составит $Q = 6,4 * 15 = 96$ т. Вместимость баков для мокрого хранения принимается из расчета 2,2 м³ на 1 т неочищенного коагулянта и дополнительно учитывается объем осадка 0,7 м³ на 1 т коагулянта. Количество баков для мокрого хранения принимается не менее трех [1].

Общий объем баков составит: $W = 2,2*96 + 0,7*96 = 278,4 \text{ м}^3$.

Примем 4 растворных баков объемом 70 м³, размеры бака 4м*5м*3м.

Коагулянт забирается из верхней части баков-хранилищ с помощью поплавка и отводится в расходные баки, концентрация раствора в которых принимается до 12%. Количество расходных баков принимается не менее двух [1].

Объем расходных баков определяется по формуле:

$$W_p = \frac{qnD_k}{10000b\rho}, \quad (7)$$

где q – расчетный расход воды м³/ч

n – время, на которое заготавливается раствор коагулянта, 10 ч,

D_k – расчетная доза коагулянта,

b – концентрация раствора в расходных баках, принимается согласно [1, п.6.21] до 12%,

ρ – плотность коагулянта, принимаемая за 1 т/м³

$$W_p = \frac{2500 * 10 * 37,9}{10000 * 12 * 1,105} = 6,7 \text{ м}^3$$

Примем 2 расходных бака объемом 3,4 м³, размеры бака 2м*1,7м*1м

Поскольку флокулянт подается на очистные сооружения в виде готовой суспензии, можно предусмотреть устройство только расходных баков.

Объем расходных баков определяется по формуле:

$$W_p = \frac{qnD_f}{10000b\rho}, \quad (8)$$

где q – расчетный расход воды м³/ч;

n – время, на которое заготавливается флокулянт (не более 360 ч);

D_f – расчетная доза флокулянта;

b – концентрация раствора в расходных баках (b = 0,1%);

ρ – плотность флокулянта (ρ = 1,0 $\frac{\text{т}}{\text{м}^3}$).

$$W_p = \frac{2500 * 48 * 0,2}{10000 * 0,1 * 1} = 24 \text{ м}^3$$

Примем 2 расходных бака объемом 12 м³, размеры бака 2м*4м*1,5м.

5.5 Подбор насосов-дозаторов.

Дозирование растворов реагентов следует производить насосами-дозаторами. Насосы необходимые для дозирования реагентов, подбирают по напору и производительности по действующим каталогам заводов изготовителей.

Так как были приняты 3 расходных бака для раствора коагулянта, следовательно, принимается 3 насоса дозатора с производительностью, которая определяется по формуле:

$$Q = \frac{W_p}{t}, \quad (9)$$

где W_p – объем расходного бака;

t – время откачки раствора в расходные баки (2-3 часа, примем 3 часа).

$$Q = \frac{2,2}{3} = 0,73 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Принимаем 3 рабочих насоса марки НД 500/10.

5.6 Подбор воздуходувок.

Растворение коагулянта в растворных баках и перемешивание его осуществляется воздухом с интенсивностью 10 л/(с*м²) – для растворения и 4 л/(с*м²) – для перемешивания.

Общее количество воздуха, м³/мин, для растворения и перемешивания составит:

$$Q_B = Q_{\text{раств}} + Q_{\text{расх}}, \quad (10)$$

где $Q_{\text{раств}}$ – количество воздуха для растворения коагулянта, м³/мин

$Q_{\text{расх}}$ – количество воздуха для перемешивания коагулянта в расходных баках, м³/мин

Для растворных баков:

$$Q_{\text{раств}} = 0,06 * n * F_{\text{раств}} * q_1,$$

где n – количество одновременно работающих растворных баков

$F_{\text{раств}}$ – площадь в плане растворного бака, м²

q_1 – интенсивность подачи воздуха для растворения, л/(с*м²)

$$Q_{\text{раств}} = 0,06 * 1 * 15,2 * 9 = 8,2 \text{ л/с}$$

Для расходных баков:

$$Q_{\text{расх}} = 0,06 * m * F_{\text{расх}} * q_2, \quad (11)$$

где m – количество одновременно работающих расходных баков

$F_{\text{расх}}$ – площадь в плане расходного бака, м²

q_2 – интенсивность подачи воздуха для перемешивания, л/(с*м²)

$$Q_{\text{расх1}} = 0,06 * 1 * 2,2 * 4 = 0,53 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{расх2}} = 0,06 * 1 * 4 * 4 = 0,96 \text{ л/с}$$

Общее количество воздуха для растворения и перемешивания составит:

$$Q_B = 8,2 + 0,53 + 0,96 = 9,69 \text{ л/с или } 0,58 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Для подачи воздуха принимаем 2 рабочие и 1 резервную воздуховодки типа ВК-1,5 производительностью 0,3 м³/мин, избыточное давление - 10 м.

Диаметр трубопроводов, мм, определяется по скорости движения воздуха, которая принимается в пределах 11 м/с.

$$d = \sqrt{\frac{4 * Q_B}{\pi * V}}, \quad (12)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * \frac{0,58}{60}}{3,14 * 11}} = 0,03 \text{ м или } 30 \text{ мм}$$

В баках воздух распределяется при помощи дырчатых винипластовых труб, уложенных под решетками растворных или по дну расходных баков отверстиями вниз, на расстоянии 0,4-0,5 м друг от друга. Скорость выхода воздуха из отверстий принимается 20-30 м/с при диаметре отверстий 3-4 мм.

					ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

6 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ СООРУЖЕНИЙ

6.1 Расчет микрофильтров

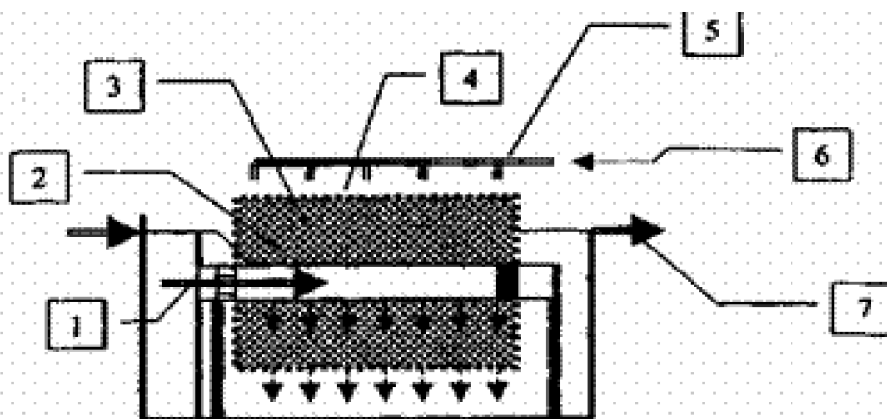


Рисунок 6.1 – Схема барабанного сетчатого фильтра

1 – подача воды; 2 – впускная труба; 3 – барабан микрофильтра; 4 – сетчатые стенки; 5 – промывные трубы; 6 – промывная вода; 7 – очищенная вода.

Основная цель микрофильтров – выделение из воды крупных плавающих и взвешенных примесей и клеток, фито- и зоопланктона. Применение микрофильтров предусматривается в тех случаях, когда период цветения водоема длится более одного месяца в году, и среднемесячная концентрация клеток планктона в природной воде превышает 1000 клеток в 1 мл. По условию, в исходной воде содержание планктона 2000 кл/мл.

Расчетное число микрофильтров определяется по формуле:

$$N = \frac{Q}{q}, \quad (13)$$

где Q- производительность очистной станции

q - производительность микрофильтра

$$N = \frac{60000}{15000} = 4$$

Принимаем 4 рабочих микрофильтров и 1 резервный такой же производительности.

Примем микрофильтры марки МФ 3х1,5:

- производительностью 15000 м³/сут;
- размеры барабана 3050х1714 мм;
- размеры агрегата: длина камеры – 2606 мм, ширина – 4060 мм, высота – 1700 мм;
- мощность электродвигателя 2,8 кВт;

- масса 2160 кг.

Промывка микрофильтров осуществляется водой, прошедшей через них. Расход воды на собственные нужды принимается из опыта эксплуатации 1,5 %

$$Q_{\text{мф}} = 0,015 \cdot 60000 = 900 \text{ м}^3/\text{сут или } 10,4 \text{ л/с}$$

6.2 Расчет смесителей

Смесители предназначены для быстрого и равномерного распределения реагентов в обрабатываемой воде, что способствует более благоприятному протеканию последующих реакций. Для эффективного смешения реагентов с обрабатываемой водой необходимо обеспечить турбулентное движение ее потока.

Выбор типа смесителя должен обосновываться конструктивными соображениями и компоновкой технологических сооружений станции с учетом ее производительности и метода обработки воды. Для курсового проекта подбираем вертикальный (вихревой) смеситель.

Вихревые (вертикальные) смесители применяются на очистных сооружениях как средней, так и большой производительности при условии, что на один смеситель будет приходиться расход воды не более 1200-1500 м³/ч.

Принимаем 2 смесителя с расходом 1250 м³/ч на каждый.

					ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

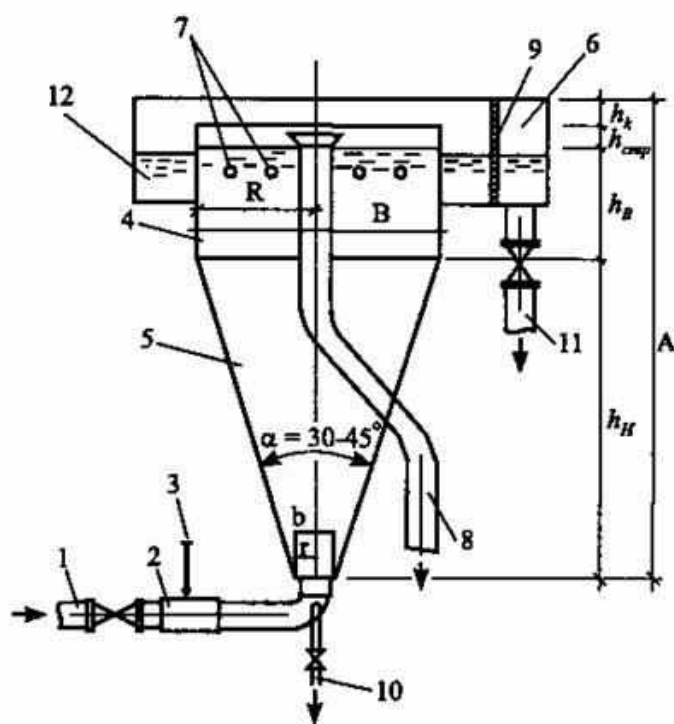


Рисунок 6.2 – Схема вертикального (вихревого смесителя):

1 – подача воды в смеситель, 2 – устройство для ввода реагента, 3 – трубопровод ввода реагента, 4 – цилиндрическая часть смесителя, 5 – конусная часть смесителя, 6 – сборный карман, 7 – затопленные отверстия, 8 – переливной трубопровод, 9 – сетка, 10 – трубопровод для опорожнения, 11 – трубопровод для отвода воды, 12 – сборный лоток.

Смесители устраиваются круглыми в плане с коническим днищем, с углом между стенками днища 45°. Подвод воды в вертикальный смеситель предусматривают снизу в коническую часть. Скорость выхода воды из подводящего трубопровода в нижнюю часть принимается в пределах 1,2-1,5 м/с, скорость восходящего потока воды на уровне водосборного устройства (вверху) смесителя 30-40 мм/с, скорость движения воды в конце водосборного лотка принимается равной 0,6 м/с. Время пребывания воды в смесителе не более 1-3 мин

В смесителе следует предусматривать переливной трубопровод, а также трубопровод для опорожнения и выпуска осадка.

Расчет смесителя сводится к определению его линейных размеров. Площадь горизонтального сечения, m^2 , в верхней части смесителя определяется по формуле:

$$F_s = \frac{q_c}{V_s}, \quad (14)$$

где q_c – расчетный расход воды, м³/ч;

V_e – скорость восходящего движения воды на уровне водосборного устройства, мм/с.

$$F_e = \frac{1250}{40 * 3,6} = 8,6 \text{ м}^2$$

Для круглого в плане смесителя, диаметр, м, в верхней части равен:

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * F_e}{\pi}} \quad (15)$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 * 8,6}{3,14}} = 3,3 \text{ м,}$$

следовательно $R_B = 1,65 \text{ м}$

Размеры нижней части смесителя принимаются исходя из размера подводящего трубопровода, диаметр которого принимается по скорости движения воды в нем, V_H :

$$d_H = 2 * \sqrt{\frac{q_e}{\pi * V_H}} \quad (16)$$

$$d_H = 2 * \sqrt{\frac{1250}{3,14 * 1,5 * 3600}} = 0,54 \text{ м,}$$

следовательно $r_H = 0,27 \text{ м}$

Высота, м, нижней, конусной части смесителя определяется по формуле:

$$h_H = \frac{R - r}{\text{tg} \frac{\alpha}{2}}, \quad (17)$$

где R – радиус верхней части смесителя, м;

r – радиус нижней части смесителя, м;

α - угол наклона между стенками.

$$h_H = \frac{1,65 - 0,27}{\text{tg} \frac{45}{2}} = 3,2 \text{ м}$$

Объем, м³, нижней, конусной части смесителя определяется по формуле:

$$W_H = \frac{1}{3} * \pi * h_H (R^2 + R * r + r^2) \quad (18)$$

$$W_H = \frac{1}{3} * 3,14 * 3,2 * (1,65^2 + 1,65 * 0,27 + 0,27^2) = 10,7 \text{ м}^3$$

Полный объем, м³, смесителя определяется по формуле:

$$W = \frac{q_{\text{нас}} \cdot t}{60}, \quad (19)$$

где

t – время пребывания воды в смесителе, мин. ($t = 1$ мин)

$$W = \frac{1250 \cdot 1}{60} = 20,8 \text{ м}^3$$

Объем, м^3 , верхней части смесителя равен:

$$W_{\text{г}} = W - W_{\text{н}} \quad (20)$$

$$W_{\text{г}} = 20,8 - 10,7 = 10,1 \text{ м}^3$$

Высота, м, верхней части составляет:

$$h_{\text{г}} = \frac{W_{\text{г}}}{F_{\text{г}}} \quad (21)$$

$$h_{\text{г}} = \frac{10,1}{8,6} = 1,2 \text{ м}$$

Полная высота, м, смесителя определяется по формуле

$$H = h_{\text{г}} + h_{\text{н}} \quad (22)$$

$$H = 1,2 + 3,2 = 4,4 \text{ м}$$

Площадь, м^2 , живого сечения лотка определяется по формуле:

$$\omega = \frac{q_{\text{с}}}{V \cdot n \cdot 3600},$$

где V – скорость движения воды в лотке 0,6 м/с

n – число водосборных лотков ($n=2$)

$$\omega = \frac{1250}{0,6 \cdot 2 \cdot 3600} = 0,27 \text{ м}^2$$

Задаваясь шириной лотка $b = 500$ мм, находим высоту слоя воды в нем по формуле:

$$h = \frac{\omega}{b}$$

$$h = \frac{0,27}{0,5} = 0,55 \text{ м}$$

Уклон дна лотка принимается равным $i = 0,02$ в сторону сборного кармана. Площадь, м^2 , всех затопленных отверстий в стенках сборных лотков составляет:

$$F_0 = \frac{q_c}{V_0 \cdot 3600}, \quad (23)$$

где V_0 – скорость движения воды через отверстия, равная 1 м/с.

$$F_0 = \frac{1250}{1 \cdot 3600} = 0,35 \text{ м}^2$$

Задаваясь размерами одного отверстия f_0 , находим их количество по формуле:

$$n_0 = \frac{F_0}{f_0} \quad (24)$$

$$n_0 = \frac{0,35 \cdot 4}{\pi \cdot 0,025^2} = 606 \text{ шт}$$

Расстояние, м, между осями отверстий определяется из соотношения

$$l_0 = \frac{P_l}{n_0}, \quad (25)$$

где P_l – внутренний периметр лотка.

$$l_0 = \frac{7,9}{606} = 0,02 \text{ м}$$

Отверстия размещаются по боковой поверхности лотка на глубине 110 мм от верхней кромки лотка до оси отверстий.

Из сборного лотка вода поступает в боковой карман, размеры которого принимаются конструктивно исходя из того, чтобы в его нижней части разместить трубу для отвода воды прошедшей смеситель.

6.3 Расчет контактных префильтров

Контактные префильтры аналогичны по своей конструкции контактными осветлителям с поддерживающими слоями и водовоздушной промывкой. Их используют при двухступенчатом фильтровании для предварительной очистки воды перед скорыми фильтрами.

В курсовом проекте принимаем контактные префильтры с загрузкой из кварцевого песка высотой 2 м (крупностью 1-2 мм), высота гравийного поддерживающего слоя – 0,5 м (крупностью 20-50 мм).

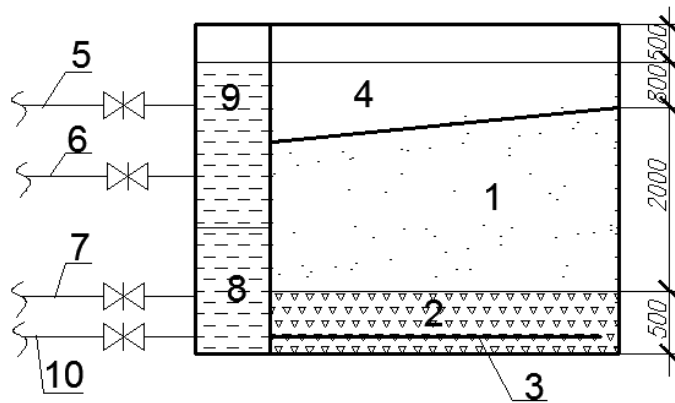


Рисунок 6.3 – Схема контактного префильтра

1 – фильтрующая загрузка, 2 – поддерживающий слой, 3 – дренажно-распределительная система, 4 – желоб для сбора фильтрованной и промывной воды, 5 – трубопровод отвода фильтрованной воды, 6 – трубопровод отвода промывной воды, 7 – подача воды на промывку, 8 – канал исходной промывной воды, 9 – сборный канал, 10 – подача исходной воды.

Суммарная площадь контактных префильтров с учетом времени сброса первого фильтрата определяется по формуле:

$$F_{\phi} = Q_{\text{сут}} / (T_{\text{см}} V_{\text{н}} - n_{\text{пр}} (q_{\text{пр}} + \tau_{\text{пр}} V_{\text{н}} + \frac{t_{\text{см}} V_{\text{н}}}{60})), \quad (26)$$

$$q_{\text{пр}} = 3,6 \omega \tau_1, \quad (27)$$

где $q_{\text{пр}}$ – удельный расход воды на одну промывку, одного фильтра, $\text{м}^3/\text{м}^2$

τ_1 – продолжительность промывки равная 0,1 ч;

ω – интенсивность подачи промывной воды, $\text{л}/(\text{с м}^2)$, определяется по табл. 23 [1];

$Q_{\text{сут}}$ – расчетная производительность станции, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность работы станции в течение суток, ч;

$V_{\text{н}}$ – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, $\text{м}/\text{ч}$ ($V_{\text{н}} = 8-10 \text{ м}/\text{ч}$ – нормальный режим; $V_{\text{н}} = 10-12 \text{ м}/\text{ч}$ – форсированный режим)

$n_{\text{пр}}$ – число промывок каждого фильтра за сутки при нормальном режиме эксплуатации, равное 2;

$\tau_{\text{пр}}$ – время простоя фильтра в связи с промывкой, принимаемое для фильтров, промываемых водой и воздухом – 0,5 ч;

$t_{\text{см}}$ – продолжительность сброса первого фильтрата.

$$q_{np} = 3,6 \cdot 15 \cdot 0,1 = 5,4 \text{ м}^3/\text{м}^2;$$

$$F_{\phi} = \frac{60000}{24 \cdot 10 - 2 \left(5,4 + 0,5 \cdot 10 + \frac{12 \cdot 10}{60} \right)} = 278,8 \text{ м}^2$$

Количество контактных префильтров на станциях производительностью более 8...10 тыс. м³/сут определяется по формуле:

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{F_{\phi}}}{2} \quad (28)$$

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{278,8}}{2} = 7,3 \text{ шт.}$$

Примем 8 контактных префильтров.

При этом должно обеспечиваться соотношение:

$$V_{\phi} = V_n N_{\phi} / (N_{\phi} - N_1), \quad (29)$$

где V_n – скорость фильтрования при нормальном режиме, 10 м/ч

N_1 – количество фильтров, находящихся в ремонте ($N_1=1$)

V_{ϕ} – скорость фильтрования при форсированном режиме (должна быть 10-12 м/ч)

$$V_{\phi} = \frac{10 \cdot 8}{8 - 1} = 11,4 \text{ м/ч}$$

Соотношение обеспечивается.

Площадь одного фильтра определяется по формуле:

$$F_{\phi} = \frac{278,8}{8} = 34,85 \text{ м}^2$$

Примем 7 префильтров, площадью 6м х 6м, с боковым карманом с наружной стороны вдоль длинной стенки, предназначенной для подвода воды на префильтр и сбора грязной промывной воды.

Дренажно-распределительная система служит для равномерного распределения промывной воды по площади префильтра и для сбора профильтрованной воды.

Количество промывной воды, необходимой для одного фильтра определяется по формуле:

$$q_{np} = F \cdot W, \quad (30)$$

$$q_{np} = 34,85 \cdot 15 = 522,8 \text{ л/с}$$

На промывку 1 фильтра уходит времени - 0,1 ч, 522,8 м³ - количество воды на промывку 1 префильтра, а 4182 м³ – на промывку 8 префильтров.

Диаметр коллектора Дкол распределительной системы определяется по рекомендуемой скорости входа промывной воды $V_{кол} = 0,8...1,2$ м/с [1, п. 6.106].

Для расхода в 522,8 л/с по таблицам для гидравлического расчета подбираем чугунный коллектор, диаметром 700 мм и скоростью движения воды 0,88 м/с.

Площадь дна фильтра, приходящаяся на каждое ответвление распределительной системы при расстоянии между осями ответвления m (принимается по [1, п. 6.105] $m = 0,3$ м) и наружном диаметре коллектора Дкол составит:

$$f_{оме} = \left(\frac{L_{\phi} - D_{кол}}{2} \right) m, \quad (31)$$

где L_{ϕ} – длина фильтра:

$$f_{оме} = \left(\frac{6 - 0,7}{2} \right) \cdot 0,3 = 0,79 \text{ м}^2$$

Расход промывной воды, поступающей через одно ответвление, определяется по формуле:

$$q_{оме} = f_{оме} \cdot W \quad (32)$$

$$q_{оме} = 0,79 \cdot 15 = 11,85 \text{ л/с}$$

Диаметр труб ответвлений $d_{отв}$, принимаем таким, чтобы скорость движения воды в них не превышала рекомендуемую скорость 1,6...2 м/с [1, п. 6.106]. Подбираем чугунные трубы диаметром 80 мм со скоростью движения воды в них 1,81 м/с, что удовлетворяет диапазону 1,6-2 м/с.

В контактных префильтрах с поддерживающими слоями и водовоздушной промывкой применяются трубчатые распределительные системы для подачи воды и воздуха и систему горизонтального отвода воды.

На ответвлениях трубчатого дренажа следует предусматривать отверстия диаметром 12 мм.

Общая площадь отверстий составляет 0,5% рабочей площади фильтра, что равняется 0,11 м². Отверстия располагаются в два ряда в шахматном порядке под углом 45° к низу вертикали.

Общее количество ответвлений на каждом фильтре при расстоянии между осями ответвлений $l_0 = 250$ мм [1] составит 34 штук по 17 на каждую сторону от коллектора.

Площадь щелей на каждом ответвлении составит м²:

$$0,11 \div 34 = 0,0033$$

Тогда количество щелей на каждом ответвлении составляет:

$$N_{отв} = \frac{0,0033 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,012^2} = 29 \text{ шт.}$$

При длине каждого ответвления:

$$l_{отв} = (L_{\phi} - D_{кол})/2, \quad (33)$$

$$l_{отв} = \frac{6 - 0,7}{2} = 2,65 \text{ м}$$

Для сбора и отведения промывной воды следует предусматривать желоба полукруглого сечения, размещаемые над поверхностью фильтрующей загрузки и соединенные с боковым карманом (каналом).

Расстояние между осями соседних желобов должно быть не более 2,2 м [1, п. 6.111]. Принимаем 3 желоба через 1,5 м.

Ширина желоба $B_{жел}$ определяется по формуле

$$B_{жел} = K_{жел} \sqrt[5]{\frac{q_{жел}^2}{(1,57 + \alpha_{жел})^3}}, \quad (34)$$

где

$q_{жел}$ – расход воды по желобу, м³/с;

$\alpha_{жел}$ – отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимается 1,5;

$K_{жел}$ – коэффициент, принимаемый равным для желобов с полукруглым лотком – 2.

$$q_{жел} = q_{пр} : n_{жел}, \text{ где}$$

$n_{жел}$ – кол-во желобов, определяется в зависимости от длины фильтра и расстояния между соседними желобами; которое рекомендуется принимать не более 2,2 м.

$$q_{жел} = \frac{0,522}{3} = 0,17 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$B_{жел} = 2 * \sqrt[5]{\frac{0,17^2}{(1,57 + 1,5)^3}} = 0,5 \text{ м}$$

Кромки всех желобов должны быть на одном уровне и строго горизонтальны. Лотки имеют уклон 0,01 к сборному каналу.

Высота прямоугольной части желоба определяется по формуле

$$h_{пр} = 0,75 B_{жел} \quad (35)$$

$$h_{np} = 0,75 \cdot 0,5 = 0,375 \text{ м}$$

Полезная высота желоба составит:

$$h = 1,25 B_{жел} \quad (36)$$

$$h = 1,25 \cdot 0,5 = 0,625 \text{ м}$$

Конструктивная высота желоба (с учетом толщины стенки):

$$h_k = h + 0,08 \quad (37)$$

$$h_k = 0,625 + 0,08 = 0,705 \text{ м}$$

Скорость движения воды в желобах принимается 1,5...2 м/с [1, п. 6.117].

Расстояние от поверхности фильтрующей загрузки до кромок желобов $H_{жс}$ определяется по формуле

$$H_{жс} = \frac{H_3 a_3}{100} + 0,3, \quad (38)$$

где

H_3 – высота фильтрующего слоя, м;

a_3 – относительное расширение фильтрующей загрузки, принимаемое по табл.23 [1], %.

$$H_{жс} = \frac{2 \cdot 25}{100} + 0,3 = 0,8 \text{ м}$$

Конструктивная высота желоба не превышает $H_{жс}$, поэтому пересчет не требуется.

Загрязненная промывная вода из желобов скорого фильтра свободно изливается в сборный канал, откуда отводится в сток.

При отводе промывной воды с фильтра сборный канал должен предотвращать создание подпора на выходе воды из желобов. Расстояние от дна желоба до дна бокового сборного канала определяется по формуле:

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{кан}^2}{g B_{кан}^2}} + 0,2, \quad (39)$$

где $q_{кан}$ – расход воды в канале, м³/с;

$B_{кан}$ - ширина канала, принимаемая равной 0,7 м.

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,522^2}{9,8 \cdot 0,7^2}} + 0,2 = 0,87 \text{ м}$$

Скорость движения воды в конце сборного канала при площади поперечного сечения:

$$f_{кан} = B_{кан} H_{кан}, \quad (40)$$

$$f_{кан} = 0,7 \cdot 0,87 = 0,6 \text{ м}^2$$

Составит:

$$V_{кан} = q_{кан} / f_{кан}, \quad (41)$$

$$V_{кан} = 0,522 / 0,6 = 0,87 \text{ м/с},$$

что более 0,8 м/с.

Потери напора слагаются из следующих величин:

– потери напора в отверстиях труб распределительной системы

$$h_{p.c.} = \left(\frac{2,2}{\alpha^2} + 1 \right) \frac{V_{кол}^2}{2g} + \frac{V_{p.m.}^2}{2g}, \quad (42)$$

где $V_{кол}$ – скорость движения воды в коллекторе, м/с;

$V_{p.m.}$ – скорость движения в распределительных трубах, м/с;

α – отношение суммы площадей всех отверстий распределительной системы к площади сечения коллектора; ($\alpha=0,36$)

$$h_{p.c.} = \left(\frac{2,2}{0,36^2} + 1 \right) \cdot \frac{0,88^2}{2 \cdot 9,8} + \frac{1,81^2}{2 \cdot 9,8} = 0,88 \text{ м};$$

– потери напора в фильтрующем слое высотой H_{ϕ} по формуле А.И.Егорова

$$h_{\phi} = (a + v\omega)H_{\phi}, \quad (43)$$

где

$a = 0,85$, $v = 0,004$ – параметры для песка с крупностью зерен 1-2 мм;

ω – интенсивность промывки, л/(с·м²);

H_{ϕ} – высота фильтрующей загрузки, м;

$$h_{\phi} = (0,85 + 0,004 \cdot 15) \cdot 2 = 1,82 \text{ м};$$

– потери напора в гравийных поддерживающих слоях высотой $H_{n.c.}$ по формуле проф. В.Т.Турчиновича

$$h_{n.c.} = 0,022H_{n.c.}\omega \quad (44)$$

$$h_{n.c.} = 0,022 \cdot 0,5 \cdot 15 = 0,165 \text{ м};$$

- потери напора в трубопроводе, подводящем промывную воду к общему коллектору распределительной системы

$$\sum h = 0,88 + 1,82 + 0,165 = 2,87 \text{ м}.$$

6.4. Расчет скорых фильтров

Фильтрация воды является одним из основных методов, позволяющим довести качество природной воды до требований СанПиН на питьевую воду.

Скорые фильтры предназначены для удаления из воды взвешенных и коллоидных веществ после укрупнения их коагулированием в прочные агрегаты, задерживаемые зернистой загрузкой.

Загрузка фильтров принимается по данным табл. 21 [1], поддерживающие слои – по табл. 22 [1].

Принимаем к расчету скорые фильтры с двухслойной загрузкой из кварцевого песка и дробленого антрацита.

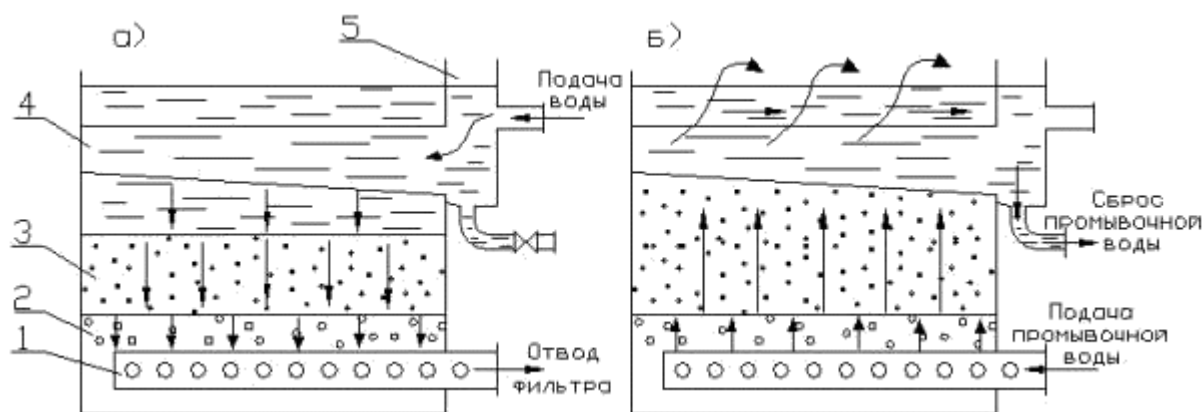


Рисунок 6.4 - Схема скорого фильтра

1 – дренажное устройство; 2 – слой поддерживающего материала (гравия); 3 – слой фильтрующего материала (песка); 4 – желоб; 5 – карман.

Суммарная площадь скорых фильтров определяется по формуле:

$$F_{\phi} = Q_{\text{сут}} / (T_{\text{ст}} V_n - n_{\text{пр}} q_{\text{пр}} - n_{\text{пр}} \tau_{\text{пр}} V_n) \quad (45)$$

где $q_{\text{пр}}$ – удельный расход воды на одну промывку, одного фильтра, $\text{м}^3/\text{м}^2$

$$q_{\text{пр}} = 3,6 \omega \tau_1, \quad (46)$$

τ_1 – продолжительность промывки равная 0,1 ч;

ω – интенсивность подачи промывной воды, $\text{л}/(\text{с м}^2)$, определяется по табл. 23 [1];

$$q_{\text{пр}} = 3,6 \cdot 15 \cdot 0,1 = 5,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$Q_{\text{сут}}$ – расчетная производительность станции, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$T_{\text{ст}}$ – продолжительность работы станции в течение суток, ч;

V_n – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, $\text{м}/\text{ч}$, принимаемая по табл.21 [1];

$n_{\text{пр}}$ – число промывок каждого фильтра за сутки при нормальном режиме эксплуатации, равное 2;

τ_{np} – время простоя фильтра в связи с промывкой, принимаемое для фильтров, промываемых водой – 0,5 ч [1, п. 6.98].

$$F_{\phi} = \frac{60000}{24 \cdot 10 - 2 \cdot 5,4 - 2 \cdot 0,5 \cdot 10} = 234,5 \text{ м}^2$$

Количество фильтров на станциях производительностью более 8...10 тыс. м³/сут определяется по формуле:

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{F_{\phi}}}{2} \quad (47)$$

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{234,5}}{2} = 8 \text{ шт.}$$

Принимаем 8 фильтров с размерами В=6м, L=5м, с боковым карманом для сбора осветленной воды.

При этом скорость фильтрования при форсированном режиме не должна превышать 8,5-12 м/ч (таблица 21 [1]). Проверим это условие соотношением:

$$V_{\phi} = V_n N_{\phi} / (N_{\phi} - N_l), \quad (48)$$

где N_l – количество фильтров, находящихся в ремонте, определяется по [1, п. 6.95];

V_{ϕ} – скорость фильтрования при форсированном режиме.

$$V_{\phi} = \frac{8 \cdot 8}{8 - 1} = 9,14 \text{ м/ч}$$

Дренажно-распределительная система служит для равномерного распределения промывной воды по площади фильтра и для сбора профильтрованной воды.

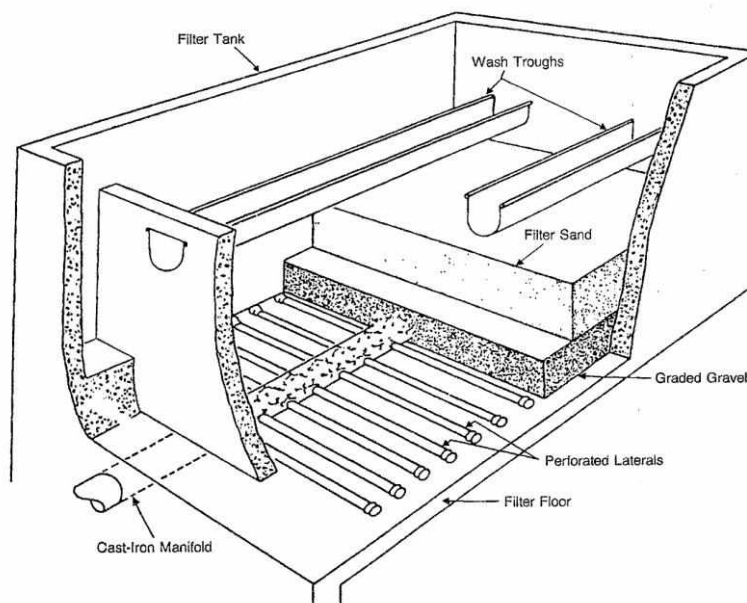


Рисунок 6.5 – Дренажная распределительная система скорого фильтра

Количество промывной воды, необходимой для одного фильтра определяется по формуле

$$q_{np}^l = F^l \cdot \omega, \quad (49)$$

$$q_{np}^l = 30 \cdot 15 = 450 \text{ л/с}$$

Диаметр коллектора $D_{кол}$ распределительной системы определяется по рекомендуемой скорости входа промывной воды $V_{кол} = 0,8 \dots 1,2$ м/с [1, п. 6.106].

Для расхода в 450 л/с по таблицам для гидравлического расчета [4] подбираем стальные трубы с полимерным покрытием диаметром 800 мм и скоростью движения воды 0,895 м/с.

Площадь дна фильтра, приходящаяся на каждое ответвление распределительной системы при расстоянии между осями ответвления m (принимается по [1, п. 6.105] $m = 0,25$ м) и наружном диаметре коллектора $D_{кол}$ составит

$$f_{отв} = \left(\frac{l - D_{кол}}{2} \right) m, \quad (50)$$

где l – длина фильтра.

$$f_{отв} = \left(\frac{5 - 0,8}{2} \right) \cdot 0,25 = 0,54 \text{ м}^2$$

Расход промывной воды, поступающей через одно ответвление, определяется по формуле

$$q_{отв} = f_{отв} \cdot \omega \quad (51)$$

$$q_{отв} = 0,54 \cdot 15 = 8,1 \text{ л/с}$$

Диаметр труб ответвлений $d_{отв}$, принимаем по [4] таким, чтобы скорость движения воды в них не превышала рекомендуемую скорость 1,6...2 м/с [1, п. 6.106]. Подбираем стальные трубы с полимерным покрытием диаметром 75 мм со скоростью движения воды в них 1,60 м/с.

На ответвлениях трубчатого дренажа следует предусматривать при наличии поддерживающих слоев отверстия диаметром 12 мм [1, п. 6.105].

Общая площадь отверстий составляет 0,5 % рабочей площади фильтра, что равняется 0,0675 м². Отверстия располагаются в два ряда в шахматном порядке под углом 45° к низу от вертикали.

Общее количество ответвлений на каждом фильтре при расстоянии между осями ответвлений $l_0 = 250$ мм [1] составит 40 штук.

Площадь отверстий на каждом ответвлении составит $0,0675 \div 40 = 0,0017$ м².

При длине каждого ответвления

$$l_{отв} = L_{\phi} - D_{кол} \quad (52)$$
$$l_{отв} = 5 - 0,8 = 4,2 \text{ м}$$

шаг оси отверстий на ответвлении должен составлять 150...200 мм по рекомендациям [1, п. 6.105]. 15 отверстия при шаге 140 мм.

Для сбора и отведения промывной воды следует предусматривать желоба полукруглого сечения, размещаемых над поверхностью фильтрующей загрузки.

Расстояние между осями соседних желобов должно быть не более 2,2 м [1, п. 6.111].

Ширина желоба $B_{жел}$ определяется по формуле

$$B_{жел} = K_{жел} \sqrt[5]{\frac{q_{жел}^2}{(1,57 + \alpha_{жел})^3}}, \quad (53)$$

где $q_{жел}$ – расход воды по желобу, м³/с;

$\alpha_{жел}$ – отношение высоты прямоугольной части желоба к половине его ширины, принимается 1,5;

$K_{жел}$ – коэффициент, принимаемый равным для желобов с полукруглым лотком – 2.

$$q_{жел} = q_{пр} \cdot n_{жел}, \quad (54)$$

где $n_{жел}$ – кол-во желобов, определяется в зависимости от длины фильтра и расстояния между соседними желобами; которое рекомендуется принимать не более 2,2 м.

$$q_{жел} = \frac{450}{1000 \cdot 2} = 0,225 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$B_{жел} = 2 \sqrt[5]{\frac{0,225^2}{(1,57 + 1)^3}} = 0,6 \text{ м}$$

Кромки всех желобов должны быть на одном уровне и строго горизонтальны. Лотки имеют уклон 0,01 к сборному каналу.

Высота прямоугольной части желоба определяется по формуле

$$h_{пр} = 0,75 B_{жел} \quad (55)$$

$$h_{пр} = 0,75 \cdot 0,6 = 0,45 \text{ м}$$

Полезная высота желоба составит

$$h = 1,25 B_{жел} \quad (56)$$

$$h = 1,25 \cdot 0,6 = 0,75 \text{ м}$$

Конструктивная высота желоба (с учетом толщины стенки)

$$h_k = h + 0,08 \quad (57)$$

$$h_k = 0,75 + 0,08 = 0,83 \text{ м}$$

Скорость движения воды в желобах принимается 1,5...2 м/с [1, п. 6.117].

Расстояние от поверхности фильтрующей загрузки до кромок желобов Нж определяется по формуле

$$H_{жс} = \frac{H_3 a_3}{100} + 0,3, \quad (58)$$

где H_3 – высота фильтрующего слоя, м;

a_3 – относительное расширение фильтрующей загрузки, принимаемое по табл.23 [1], 50 %.

$$H_{жс} = \frac{(0,4+0,7) \cdot 50}{100} + 0,3 = 0,85 \text{ м}$$

Загрязненная промывная вода из желобов скорого фильтра свободно изливается в сборный канал, откуда отводится в сток.

При отводе промывной воды с фильтра сборный канал должен предотвращать создание подпора на выходе воды из желобов. Расстояние от дна желоба до дна бокового сборного канала определяется по формуле

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{кан}^2}{g B_{кан}^2}} + 0,2, \quad (59)$$

где $q_{кан}$ – расход воды в канале, м³/с;

$B_{кан}$ – min допустимая ширина канала, принимаемая равной 0,7 м.

$$H_{кан} = 1,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,45^2}{9,8 \cdot 0,7^2}} + 0,2 = 0,8 \text{ м}$$

Скорость движения воды в конце сборного канала при площади поперечного сечения

$$f_{кан} = B_{кан} H_{кан}, \quad (60)$$

$$f_{кан} = 0,7 \cdot 0,8 = 0,56 \text{ м}^2$$

составит

$$V_{кан} = q_{кан} / f_{кан},$$

$$V_{кан} = 0,450 / 0,56 = 0,8 \text{ м/с.}$$

Потери напора слагаются из следующих величин:

– потери напора в отверстиях труб распределительной системы фильтра (п.6.105 [1])

$$h_{р.с.} = \left(\frac{2,2}{\alpha^2} + 1 \right) \frac{V_{кол}^2}{2g} + \frac{V_{р.т.}^2}{2g}, \quad (61)$$

где $V_{кол}$ – скорость движения воды в коллекторе, м/с;

$V_{p.m.}$ – скорость движения в распределительных трубах, м/с;

K – отношение суммы площадей всех отверстий распределительной системы к площади сечения коллектора (коэффициент перфорации);

$$\alpha = \frac{0,0675 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,7^2} = 0,175$$

$$h_{p.c.} = \left(\frac{2,2}{0,175^2} + 1 \right) \cdot \frac{0,895^2}{2 \cdot 9,8} + \frac{1,60^2}{2 \cdot 9,8} = 3,2 \text{ м};$$

– потери напора в фильтрующем слое высотой H_ϕ по формуле А.И.Егорова

$$h_\phi = (a + v\omega)H_\phi, \quad (62)$$

где $a = 0,85$, $v = 0,004$ – параметры для песка с крупностью зерен 1...2 мм;
 ω – интенсивность промывки, л/(с·м²);

H_ϕ – высота фильтрующей загрузки, м;

$$h_\phi = (0,85 + 0,004 \cdot 15) \cdot 1,1 = 0,95 \text{ м};$$

– потери напора в гравийных поддерживающих слоях высотой $H_{n.c.}$ по формуле проф. В.Т.Турчиновича

$$h_{n.c.} = 0,022H_{n.c.}\omega \quad (63)$$

$$h_{n.c.} = 0,022 \cdot 0,5 \cdot 15 = 0,165 \text{ м};$$

– потери напора в трубопроводе подводящем промывную воду к общему коллектору распределительной системы

$$h_{n.m.} = il, \quad (64)$$

$$h_{n.m.} = 0,00438 \cdot 100 = 0,438$$

$$\sum h = 3,2 + 0,95 + 0,165 + 0,438 = 4,7 \text{ м}.$$

6.5 Расчет резервуаров чистой воды

Объем резервуаров чистой воды определяется из расчёта на часы наибольшего водопотребления. Так же объём РЧВ может определяться из опыта эксплуатации как 20-30% суточной производительности очистных сооружений природных вод.

В данном проекте объём РЧВ принимается равным:

$$W_{pчв} = 20\% \cdot Q_{сут} \quad (65)$$

$$W_{pчв} = 0,2 \cdot 60000 = 12000 \text{ м}^3$$

Резервуаров чистой воды на очистных сооружениях принимается не менее двух, поэтому объём каждого резервуара будет равен:

$$W_{\text{рчв}} = \frac{12000}{2} = 6000 \text{ м}^3$$

Принимаем 2 резервуара вместимостью 5875 м³ каждый, выполненных по типовому проекту 901-4-62,83. Размеры резервуара в плане 36×36 м, высота 4,6 м.

6.6 Подбор установки для обеззараживания

Обеззараживание воды направлено на улучшение воды в бактериологическом плане.

В курсовом проекте для очистных сооружений выбран метод обеззараживания с помощью введения хлорсодержащих реагентов, которое необходимо предусматривать в трубопроводы перед резервуарами чистой воды. Плюсами обеззараживания воды с помощью хлорсодержащих реагентов является доступность и дешевизна реагента, а также хлорирование воды обладает пролонгирующим действием.

Хлорирование воды осуществляется оптимальной предварительной дозой Д1 = 5 мг/л при поступлении воды на водоочистную станцию и дозой Д2 = 1 мг/л для обеззараживания после фильтрования.

Расчетный часовой расход хлора, кг/ч, равен:

$$G_p = \frac{(D_1 + D_2) \cdot q_{\text{ч}}}{1000} \quad (66)$$

$$G_p = \frac{(5 + 1) \cdot 2500}{1000} = 15 \text{ кг/ч}$$

Подбираем 2 хлоратора марки ЛК-106

- производительность - 2-20 кг/ч;
- габариты - 800х370х250.

6.7 Расчет основных трубопроводов

Гидравлический расчёт очистных сооружений водоснабжения заключается в определении диаметров трубопроводов, скорости течения воды в них и потерь напора на отдельных участках.

На очистной станции, для обеспечения надежной работы, основные трубопроводы необходимо устраивать в 2 линии. Они рассчитываются на пропуск расхода равного половине производительности станции.

Расчетные расходы составят:

$$Q_{расч} = 2500 \text{ м}^3/\text{ч} = 694,4 \text{ л/с};$$

$$Q_{50} = 694,4/2 = 347,2 \text{ л/с};$$

Таблица 9 Характеристика трубопроводов

Назначение трубопроводов	Расход воды, л/с	Диаметр, мм	Расчетная скорость, м/с
От насосной станции 1-го подъема к микрофильтрам (2 линии)	347,2	500	1,17
Подача промывной воды к микрофильтрам	10,4	100	1,18
Подача промывной воды к контактными префильтрам из РЧВ	522,8	700	1,33
Подача промывной воды к скорым фильтрам из РЧВ	450	700	1,15
От микрофильтров к смесителям	347,2	500	1,17
Смеситель-контактный префильтр	347,2	500	1,17
Контактный префильтр - скорые фильтры	347,2	500	1,17
Скорые фильтры - РЧВ	347,2	500	1,17
Отвод промывных вод от микрофильтров	10,4	100	1,18
Отвод промывных вод от контактных префильтров	522,8	700	1,33
Отвод промывных вод от скорых фильтров	450	700	1,15

7.ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

7.1 Состав работ и технологическая последовательность

1. Разработка и перемещение растительного грунта.
2. Разработка основного грунта.
3. Устройство приямков.
4. Укладка трубопровода.
5. Присыпка трубопровода.
6. Телевизионная инспекция и осмотр трубопровода изнутри.
7. Промывка трубопровода.
8. Предварительное гидравлическое испытание.
9. Засыпка траншеи бульдозером.
10. Уплотнение грунта.
11. Окончательное гидравлическое испытание.
12. Рекультивация растительного грунта.
13. Хлорирование и промывка.

7.2 Техническая характеристика полиэтиленовых труб

Полиэтиленовые трубы легко монтировать и эксплуатировать, благодаря небольшому весу полиэтилена. Надежная стыковка достигается за счет сварки или крепления фитингами. Полиэтиленовый трубопровод абсолютно герметичен и не позволит проникнуть внутрь посторонним примесям и диффузным водам. Также исключены утечки и разрывы. Полиэтиленовые трубы водонапорные способны выдерживать деформацию до 7% без потери своих характеристик. Полиэтилен очень гладкий и эластичный материал, который не допускает образования засоров, накипи и известковых отложений на внутренней поверхности. Поэтому с течением времени трубы не уменьшаются в диаметре, сохраняя первоначальную пропускную способность. Но главное преимущество перед металлическим водопроводом в качестве поставляемой воды. Полиэтиленовые трубы водонапорные не допускают образования бактерий и микроорганизмов внутри трубопровода, не передают воде частиц ржавчины и металла, абсолютно бактериологически и токсикологически безопасны и поэтому качество воды в них гораздо выше.

Полиэтиленовые трубы водонапорные легки в транспортировке и монтаже, не требуют обслуживания и ремонта и способны обеспечить работу без аварий и сбоев в течение как минимум 50 лет.

7.3 Определение объемов работ

Работы по разработке грунта в выемках является земляными. Чтобы определить объем земляных работ по устройству траншеи, необходимо знать ее основные размеры – ширину, длину, глубину. Размеры траншеи определяем исходя из общих размеров траншеи в плане, глубины заложения трубопровода, крутизны откосов, а также принятых методов выполнения основных производственных процессов.

Напорный водопровод прокладывается параллельно уклону земли в данной местности с одинаковой глубиной заложения. При определении глубины заложения труб в первую очередь ориентируются на опыт эксплуатации водопровода.

$$h_{\min} = h_{\text{тр}} + 0,5, \quad (67)$$

$$h_{\min} = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ м.}$$

Способ укладки трубопровода – отдельными трубами.

Размеры по дну траншеи:

длина 1200 м;

ширина траншеи по низу – 0,5 м.

Крутизна откоса равна 1 для суглинков [27], при глубине выемки 3 м.

Объем траншеи определяется по формуле:

$$V_{\text{тр}} = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot L, \quad (68)$$

где L – длина траншеи, м;

F1 – площадь сечения траншеи в начале участка, равная 0,5 м²;

F2 – площадь сечения траншеи в конце участка, равная 4,8 м².

$$V_{\text{тр}} = \frac{0,7 + 0,7}{2} \cdot 1200 = 840 \text{ м}^3.$$

Ручная подчистка дна траншеи

Площадь ручной подчистки составит:

$$F = 1200 \cdot 0,7 = 840 \text{ м}^2.$$

Устройство песчаного основания, толщиной 0,1 м.

Объем работ составит:

$$V_{\text{ос}} = 1200 \cdot 0,7 \cdot 0,1 = 84 \text{ м}^3.$$

Укладка труб в траншею

Соединение трубопроводов

Присыпка трубопроводов слоем грунта на 0,3 м

Объем присыпки составит:

$$V_{\text{пр}} = 1200 \cdot 1 \cdot 0,3 = 360 \text{ м}^3.$$

Гидравлические испытания трубопроводов длиной 1200 м.

Обратная засыпка траншеи

Объем обратной засыпки м^3 , в уплотненном состоянии равен:

$$V_{\text{о.з.}} = V_{\text{тр}} - V_{\text{гр}}, \quad (69)$$

где $V_{\text{тр}}$ – объем траншеи, м^3 ;

$V_{\text{гр}}$ – объем грунта, вытесненного трубопроводами м^3 , определяется по формуле:

$$V_{\text{гр}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot 1,05, \quad (70)$$

где d – диаметр трубопровода, м;

L – длина участка сети, м;

1,05 – коэффициент.

$$V_{\text{гр}} = \frac{3,14 \cdot 0,25^2}{4} \cdot 1200 \cdot 1,05 = 61,82 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{о.з.}} = 840 - 61,82 = 778,2 \text{ м}^3.$$

С учетом коэффициента разрыхления грунта, объем обратной засыпки составит:

$$V_{\text{о.з.р.}} = 1,2 \cdot 778,2 = 933,8 \text{ м}^3.$$

Полученные объемы работ представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Ведомость объемов работ

Наименование работ	Ед. измерения	Объем работ
1. Разработка грунта в траншее одноковшовым экскаватором, оборудованным обратной лопатой	100 м^3	8,4
2. Ручная подчистка дна траншеи	100 м^2	8,4
3. Устройство песчаного основания толщиной 0,1 м.	1 м^3 песка	360
4. Укладка труб в траншею	м	1200
5. Соединение трубопроводов	1 стык	34

Продолжение таблицы 6

6. Присыпка трубопроводов слоем грунта 0,3 м	м ³	96
7. Гидравлические испытания	м	1200
8. Обратная засыпка	100 м ³	7,78

7.4 Определение трудоемкостей и продолжительностей работ

Трудоемкость – это затраты рабочего времени на производство какого-либо вида продукции.

Трудоемкость Т, чел-дн. определяется по формуле:

$$T = \frac{K_{\text{уср}} \cdot K_{\text{попр}} \cdot N_{\text{вр}} \cdot V}{C}, \quad (70)$$

где $K_{\text{уср}}$ – коэффициент увеличения трудоемкости в зимний период;

$K_{\text{попр}}$ – поправочные коэффициенты;

$N_{\text{вр}}$ – норма времени, определяема по ЕНиР;

V – объем работ;

C – продолжительность смены.

Продолжительность работ определяется по формуле:

$$\Pi = \frac{T}{m \cdot n}, \quad (71)$$

где m – количество рабочих по ЕНиР

n – число смен в день.

7.5 Технологические схемы производства работ

Схему разработки грунта принимаем с движением экскаватора по верху забоя. Ширина проходки при односторонней погрузке определяется по формуле:

$$B = \sqrt{R_{\text{max}}^2 - L_n} + \left(R_T - \frac{b_k}{2} - 1\right), \quad (72)$$

где В – ширина проходки;

R_{\max} – максимальный радиус копания;

L_n – длина рабочей передвижки;

RT – радиус выгрузки грунта в транспортное средство;

b_k – ширина транспортного средства.

$$B = \sqrt{9,2^2 - 2,2} + (6,2 - \frac{3}{2} - 1) = 16,78 \text{ м.}$$

При ширине котлована 9 м, количество проходок составит:

$$\frac{14,8}{16,78} = 0,88 \rightarrow 1.$$

Откорректированная ширина проходок составит:

$$\frac{14,8}{1} = 14,8 \text{ м.}$$

Для разработки грунта примем одноковшовый гидравлический экскаватор, оборудованный обратной лопатой liebherr 9100. Технические характеристики экскаватора представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики экскаватора liebherr 9100

Наименование показателя	Ед.измерения	Характеристика
Вместимость ковша с зубьями	м ³	0,5
Длина стрелы	м	5,5
Наибольший радиус резания	м	9,2
Радиус выгрузки в транспорт	м	5,4
Высота выгрузки в транспорт	м	1,7
Мощность	л.с.	80
Масса экскаватора	т	20,5

Разработанный грунт увозится со стройплощадки самосвалом, в качестве которого применяется volvo fmx 6x4

Таблица 8 – Технические характеристики Volvo fmx 6x4

Наименование показателя	Характеристика
Колесная формула	6×4
Грузоподъемность, кг	15 000
Объем платформы, куб. м.	8,5
Самосвальная платформа	с задним бортом,
Направление разгрузки	назад
Снаряженная масса автомобиля, кг	9 300
Полная масса автомобиля, кг	24 450
КПП	15, 10 ступеней
Подвеска	Рессорная
Кабина	без спального места
Топливный бак, л	250
Предпусковой подогреватель	15.8106-01
Колеса	Дисковые
Шины	7.00 R 20

Укладка труб производится трубоукладчиком марки liebherr rl 64

Трубоукладчик Liebherr rl 64 litronic предназначен для укладки трубопроводов в траншею, а также для выполнения различных подъемно - транспортных работ при строительстве трубопроводов с наружным диаметром до 720 мм на грунтах обычных и с пониженной несущей способностью и подъема, и перемещения единичных грузов.

Таблица 9 – Техническая характеристика трубоукладчика Liebherr rl 64

Наименование показателя	Характеристика
Грузоподъемность, т	6,3
Момент устойчивости, кНм	160
Вылет крюка (максимальный), м	5
Высота подъема крюка при вылете 1,5 м (максимальная), м	4,8
Глубина опускания крюка от уровня земли (при вылете крюка 1,5 м), м	3
Момент устойчивости, кНм	160

Диффузионная сварка осуществляется путем нагревания двух деталей с последующим их соединением, в результате чего происходит взаимное проникновение материалов расплавленных деталей (диффузия).

Пайка полипропиленовых труб осуществляется на специальных аппаратах, которые обеспечивают четкий контроль за температурой расплавляемых деталей. Сваривать трубы можно только из одинакового материала.

Физические и химические свойства сварочного шва не отличаются от свойств основного материала, за счет этого гарантируется долговечность всей системы трубопровода.

На сварочном аппарате устанавливаются парные насадки нужного диаметра. Место расположения насадок на нагревателе не имеет значения с точки зрения прогрева, поэтому их расположение выбирается исходя из удобства монтажа. Насадки имеют специальное антипригарное покрытие – тефлон, поэтому чистить их металлическими предметами не допускается. Отчистка насадок производится с помощью деревянных скребков или ветоши в нагретом состоянии.

Температура пайки выставляется на сварочном аппарате, и должна быть равна 260 °С. Нагрев паяльника происходит за 5-8 минут, и после этого поддерживает заданную температуру.

Детали перед сваркой необходимо очистить и обезжирить изопропиловым, изобутиловым или этиловым спиртом, а также отметить на трубе свариваемую зону.

После окончания прогрева, детали снимают с насадок и вставляют друг в друга на заданную глубину. После чего их необходимо зафиксировать на 2-8 минуты.

Таблица 10 – Техническая характеристика сварочного аппарата Omikron KL 160 TOP-1

Наименование показателя	Характеристика
Диапазон свариваемых труб	40 – 160 мм
Напряжение	230 В, 50 Гц
Максимальная мощность	2,1кВт 11А
Мощность электромотора подстанции IP33 Класс 1	0,37кВт 3,5А 230В + 50Гц
Мощность нагревательного элемента IP 54 Класс 1	1кВт 4,3А 230В + 50Гц

Обратную засыпку и устройство насыпи осуществляем бульдозером Liebherr PR 722.

Таблица 11 – Технические характеристики Liebherr PR 722

Наименование показателя	Характеристика
-------------------------	----------------

Тяговый класс базового трактора	10
Максимальное тяговое усилие при общей эксплуатационной массе, кН, не менее	150
Эксплуатационная мощность двигателя, кВт (л.с.)	125 (170)
Тип трансмиссии	механическая
Рабочая скорость, км/ч: вперед минимальная	2.51
Рабочая скорость, км/ч: назад максимальная	12.51
Наименование показателя	Характеристика
Ширина отвала, мм, не менее	3 200
Высота отвала, мм, не менее	1 300
Подъем отвала над опорной поверхностью (при погруженных почвозацепах), мм, не менее	935
Объем призмы (теоретический), куб.м, не менее	3.95
Тяговый класс базового трактора	10

Весь грунт, засыпаемый в траншею, уплотняется вручную с помощью электротрамбовки.

Таблица 11 – Технические характеристики электротрамбовки

Наименование показателя	Характеристика
Марка электротрамбовки	ИЭ-4502
Глубина уплотнения (за 2 прохода)	40 см
Размеры башмака	350×450мм
Мощность	0,4кВт
Напряжение	220В
Частота ударов	9,3 Гц
Габариты	970×475×960 мм
Масса	81,5 кг

Состав работ:

1. подготовка электрической трамбовки к работе;
2. трамбование грунта;
3. обслуживание электрической трамбовки.

Трамбование грунта производят слоями, начиная с краев трамбуемой площади с последующим приближением к ее середине. Каждым последующим ударом трамбовки должна захватываться часть уже уплотненной площади.

При работе по уплотнению грунта вблизи действующих и прокладываемых коммуникаций, стен (фундаментов) существующих и возводимых зданий и сооружений необходимо обеспечить их сохранность.

7.6 Организация строительного производства

Проект организации строительства разрабатывается на период укладки трубопровода, согласно [24].

7.6.1 Обоснование потребности строительства в рабочих кадрах

Потребность строительства в рабочих определяем по графику движения рабочей силы. Определение потребности строительства в рабочих кадрах сводим в таблице 12.

Таблица 12 – Калькуляция потребности строительства в категориях работающих

Состав рабочих	Соотношение категорий	Количество рабочих кадров
Всего работающих	100 %	30
Рабочие	85 %	26
ИТР	8 %	2
Служащие	5 %	1
МОП и охрана	2 %	1
Женщин	0 %	0
Мужчин	100%	30

7.6.2 Обоснование потребности строительства во временных зданиях

Временные здания возводят для обслуживания строительного производства и создания условий для рабочих, занятых на строительномонтажных работах.

Бытовые городки размещаются на строительной площадке или в непосредственной близости от неё, в зоне наибольшей концентрации работающих, с максимальным приближением к основным маршрутам их передвижения на строительстве либо от строительства к жилым комплексам.

Удалённость бытовых городков от мест производства работ не должно превышать 500 м.

Бытовые городки должны иметь все необходимые инженерные сети и коммуникации: электроснабжение, водоснабжение, теплоснабжение, канализацию, а также телефонизацию, радиофикацию, пешеходные дорожки, автодороги и площадки.

Общая потребность во временных зданиях (временных помещениях) определяется на весь период строительства в целом, либо на его отдельные этапы и периоды.

На территории поселка расположены здания для администрации, обслуживающего персонала, а также имеется здание столовой. В столовой организован обеденный перерыв для работников – строителей, вместе с администрацией и обслуживающим персоналом.

7.6.3 Обоснование потребности строительства в складах

Площадь склада зависит от вида, способа хранения материалов и его количества. Площадь склада складывается из полезной площади, занятой непосредственно под хранящимися материалами, вспомогательной площади приемочных и отпускных площадок, проездов и проходов. Принимаем открытые приобъектные склады. На котором хранятся ПВХ трубопроводы. Трубы укладываются в пакеты попеременно раструбами и свободными концами.

7.6.4 Инженерное обеспечение стройплощадки

Обоснование потребности в электроэнергии.

Работы производятся в летний период времени и не требуют освещения. Внутри поселка имеются сети электроснабжения. Поэтому нет необходимости в устройстве дополнительных сетей электроэнергии.

Обоснование потребностей в водоснабжении.

Временное водоснабжение на строительной площадке предназначено для обеспечения производственных, хозяйственно-бытовых нужд и обеспечивается из существующей системы водоснабжения.

Временная канализация.

Временной канализацией является существующая сеть.

Временное теплоснабжение.

					ИОУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

Строительство производим в летний период времени, отопление временных зданий не предусматриваем.

7.6.5 Временные дороги

Автомобильный транспорт используется на строительной площадке для подачи строительных материалов, конструкций, технологического и другого оборудования к местам производства строительного-монтажных работ или складирования, а также для обслуживания бытовых городков.

Для нужд строительства используют постоянные дороги, существующие дороги и построенные в подготовительный период, и временные автодороги, которые размещаются на постоянных трассах или вне их в зависимости от принятой схемы движения автотранспорта, которая может варьироваться в течение строительства.

Принимаем временную дорогу в месте строительства с покрытием из минеральных материалов (песок, щебень, гравий или шлак вдавливаются катками в поверхность дороги) с параметрами в таблице 13.

Таблица 13 – Параметры временной дороги

Параметр	Значение
Ширина, м:	
полосы движения	3,5
проезжей части	3,5
земляного полотна	6
Наибольшие продольные уклоны	10
Наименьшие радиусы кривых в плане	15...30
Наименьшая расчётная видимость, м:	
поверхности дороги	50
встречного автомобиля	100

7.6.6 Определение зоны ограничения рабочего крана

При размещении строительных машин определяются и обозначаются на СГП зоны, в пределах которых постоянно или потенциально действуют опасные производственные факторы. Размеры этих опасных зон определяются на основании строительных норм должны быть ограждены и обозначены знаками безопасности и надписями установленной формы.

Определим опасную зону трубоукладчика, радиус границы определим по формуле

$$R_o = R_p + B_{max} + P, \quad (73)$$

где R_p – максимальный рабочий вылет крюка, 5 м;

B_{max} – максимальный размер поднимаемого груза, 6 м;

P – величина отлета грузов при падении при подъеме груза до 5 м составляет 4 м.

$$R_o = 5 + 6 + 4 = 15 \text{ м.}$$

					ИОУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработан проект реконструкции Мосульской плотины в Ираке.

В ходе работы проработана история проектирования и строительства плотины Мосул, проработаны ее конструктивные особенности и основные элементы гидроузла, перечислены основные факторы, связанные с рисками, возникающими на Мосульской плотине, разработаны основные положения реконструкции исследуемой плотины, описана технология активной замены гипса и известняка цементным раствором, разработана технология активной замены гипса и известняка цементным раствором. Спроектированы очистные сооружение водопровода для города Мосул.

					<i>ЮУрГУ–08.03.01.2020.305-04.251 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>100</i>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой СССР. – М.:ЦИТП Госстроя СССР, 2012.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Госкомсанэпиднадзор России,2001.
3. Николаенко Е.В., Ходоровская Н.И. Очистка природных вод: Учебное пособие по курсовому проектированию. – Челябинск: ЮУрГУ, 2003. – 60 с.
4. Николадзе, Г.И. Технология очистки природных вод: Учеб. Для вузов – М.: Высшая школа,1987.
5. Журба М.Г., Соколов Л.И. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений.Т2. Очистка и кондиционирование природных вод. – М: АСВ, 2010. – 551 с.
6. ЕНиР сборник Е2. Земляные работы. Выпуск 1. Механизированные и ручные земляные работы. – М.: Стройиздат, 1989. – 134с.
7. Перешивкин А.К. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации. – 4-е изд. – М.: Стройиздат, 1988. – 653 с.
8. ЕНиР сборник Е9. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации. Выпуск – 2. Наружные сети и сооружения – М.: Стройиздат, 1988–95с.
9. ГОСТ 12.0.003-80. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: ВЦСПС, 1991. – 22с.
10. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: ГосИздат. 1999. – 10с.
11. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. – М.:Гос-Издат.1999. – 20с.
12. ГОСТ 26568-85. ССБТ. Вибрация. Методы и средства виброзащиты. Классификация. – М.: ГосИздат. 2001. – 10с.
13. ГОСТ 12.1.005–88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Гос. Издат. 2001. – 48с.
14. ГОСТ 12.1.009–76 «Электробезопасность» – М.: ГосИздат. 1999. – 10с.

15. ГОСТ 12.1.019–79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты – М.: Гос. Издат. 2001. – 4с.
16. СНиП 21–01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
17. ГОСТ 12.4.001–89 ССБТ «Средства индивидуальной защиты работающих. Общие требования и классификация» – М.: ГосИздат. 1999. – 20с.
18. ГОСТ 12.4.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» – М.: ГосИздат. 1999. – 10с.
19. СНиП 12–04–2002 «Безопасность труда в строительстве»
20. ГОСТ 12.3.009–76 «Работы погрузочно-разгрузочные»
21. Маленьких О.Ю., Маленьких Ю.А. Стройгенплан: Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2000. – 86с.
22. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы: ГЭСН 2001-22: Сб. № 22 : Водопровод – наружные сети . М. : Бюро печати, 2001. – 86 с.
23. СНиП III-4-80* Техника безопасности в строительстве – М.:ГосИздат. 1980. – 22 с.
24. Хамзин С. К., Карасев К. А. Технология строительного производства. – Стройиздат. 1989. – 281 с.
25. Julie R. Kelley; Lillian D. Wakeley; Seth W. Broadfoot; Monte L. Pearson; Christian J. McGrath; Thomas E. McGill; Jeffrey D. Jorgeson; Cary A. Talbot (September 2007). "Geologic Setting of Mosul Dam and Its Engineering Implications" (PDF). U.S. Army Corps of Engineers. pp. 25–32.
26. Issa, E.I.; Al-Ansari, N.A. and Knutsson, S., 2013, Changes in Bed Morphology of Mosul Dam Reservoir, J. Advanced Science and Engineering Research, 3, 2, 86-95.
27. Sissakian, V.K., 1995, Report on the Geological Map of Mosul Quadrangle, scale 1:250 000, Iraq Geological Survey Publications, Baghdad, Iraq, 1995.
28. Jassim, S.Z.; Jibril, A.S. and Mouman, N.S., 1997, Gypsum karstification in the Middle Miocene Fatha Formation, Mosul area, northern Iraq, J. Geomorphology, 2, 137 – 149.

29. Sissakian, V.K. and Al-Mousawi, H.A., 2007, Karstification and related problems, examples from Iraq, Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 3,2, 1 – 12., 2007
30. IBOE (Mosul Dam International Board of Experts), 1988, 23rd Meeting Report, November 1988, Ministry of Irrigation, Baghdad, Iraq, 1988.
31. Nedrigs V.P. and Yanova, D., 1986, Construction Of dams on Soils Containing Soluble Salts, Report presented to the Soviet National ICOLD in Ervan, October. 1984 Translated from Gidroteckhnicebeskoestroitel' stor.No2, Feb. 1986.
32. James, A.N. and Kirkpatrick, I.M., 1980, Design of Foundations of Dams Containing Soluble Rock and Solis, Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 13, 189-198.
33. Kelley, Wakeley, Broadfoot, Pearson, McGill, Jorgeson, Talbot, McGrath, "Geologic Setting of Mosul Dam and its Engineering Implications", Final Report, US Army Corps of Engineers, ERDC TR-07-10, September 2007
34. Al-Ansari, Adamo, Issa, Sissakian, Knutsson, "Mystery of Mosul Dam the Most Dangerous Dam in the World: Dam Failure and its Consequences", Journal of Earth Science and Geotechnical Engineering, Vol. 5 no. 3, 2015, 95-111.