Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Инженерных систем зданий и сооружений»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.В. Сакаш
подпись
« 23 » 06 2016 г.

# ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

270112.65 «Водоснабжение и водоотведение»

Реконструкция водозаборного сооружения инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки

Пояснительная записка

Руководитель _____ канд. тех.наук, доцент О.Г. Дубровская
подпись, дата

Выпускник _____ А.А. Соболев
подпись, дата

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Инженерных систем зданий и сооружений»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.В. Сакаш
подпись
«____» _____ 2016 г.

# ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

270112.65 «Водоснабжение и водоотведение»

Реконструкция водозаборного сооружения инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки

Пояснительная записка

Руководитель _____ канд. тех.наук, доцент О.Г. Дубровская
подпись, дата

Выпускник _____ А.А. Соболев
подпись, дата

Красноярск 2016

Продолжение титульного листа ДП по теме «Реконструкция водозаборного сооружения инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки»

Консультанты по разделам:

| | | |
|---|---|---|
| ОВОС | _____ подпись, дата | /О.Г. Дубровская/ |
| ТСП | _____ подпись, дата | / Г.В. Сакаш / |
| БЖД | _____ подпись, дата | /Е.Ю. Гуменная/ |
| Автоматика | _____ подпись, дата | / О.Г. Дубровская / |
| Экономика | _____ подпись, дата | /Т.П. Категорская/ |
| Нормоконтролер | _____ подпись, дата | /О.Г. Дубровская/ |

## ВВЕДЕНИЕ

Водозаборные сооружения о. Татышев

Год ввода водозаборных сооружений в эксплуатацию: 1978г.

В состав сооружений водозабора входят:

- 20 водозаборные скважины соединенные между собой сифонными водоводами Ду400-500;
- 2 шахтных вакуум-колодца, с размещенными в них насосными станциями первого подъема, НС №№1;2, оборудованные насосными агрегатами марки 400Д-190Ф (2 -3 в работе, 4 - 3 в резерве);
- 2 резервуара объемом 6000м$^3$ каждый;
- насосная станция второго подъема проектной производительностью 6000 м$^3$/час, оборудованная насосными агрегатами марки 14Д6 и Д1250-125;
- хлораторная, оборудованная 4-мя хлораторными установками типа ЛОНИИ-100КМ (2 в работе,2 в резерве);
- напорные водоводы, проложенные от насосных станций первого подъема до резервуаров чистой воды и от насосной станции второго подъема дюкерными переходами 2Ø 800мм через протоку Татышева, отделяющую остров от левого берега реки Енисей.

Шахтные вакуум-колодцы и 20 водозаборных скважин расположены линейным рядом со стороны основного русла реки Енисей.

Работа существующих сооружений водозабора осуществляется по схеме, при которой в насосных станциях первого подъема включено в одновременную работу 2-3 насосных агрегата, на насосной станции II подъема – от 4 до 5 насосных агрегатов, в работе хлораторная и 2 резервуара чистой воды. Обеззараживание осуществляется за счет обеспечения 30 мин. контакта воды с хлором в резервуарах.

Имеется по периметру ограждение ЗСО I пояса. Подъездные пути контролируются 2 пропускными пунктами.

Насосная станция II-го подъема водозабора о. Татышев обеспечивает водоснабжение «Советского» района и подачу воды на насосную станцию III подъема «Покровский» участок о. Татышев, насосную станцию III-го подъема «Бадалык» участок «Солнечный».

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……6
Глава 1 Определение расчетных расходов воды. Гидравлический расчет водопроводной сети……..……..…..7
1.1 Проектирование водопроводной сети……..…….…….....8
1.2 Определение расчётных расходов воды...…….……8
1.3 Определение расчетного расхода воды на пожаротушение……11
1.4 Гидравлический расчет трубопроводов…….……12
1.4.1 Расчет сети во время максимального водоразбора……..12
1.4.2 Расчет сети в точках максимального транзита...……..14
1.4.3 Расчет сети в момент пожара……..……...16
1.5 Гидравлическая увязка водопроводных сетей ……..……18
1.6 Гидравлический расчёт водоводов……...……..31
Глава 2 Расчет и проектирование водозабора……. ……..32
2.1 тип водозаборного сооружения подземных вод…….……..…..……33
2.2 Обоснование выбора типа водозабора……..……35
2.3 Подбор фильтра……35
2.4 Расчет депрессионного влияния……35
2.5 Устройство устья подземного источника…….....37
Глава 3 расчет и проектирование насосных станций……..……..38
3.1 Насосная станция I подъема……39
3.1.1 Определение требуемого напора насосов……40
3.2 Определение объема РЧВ……..…41
3.2.1 Определение уровней воды в РЧВ……..……..42
3.3 Насосная станция II подъема……...43
3.3.1 Определение требуемого напора насосов……43
3.3.2 Подбор насосов……45
Глава 4 Расчет и проектирование станции водоподготовки……..…46
4.1 Подбор доз реагентов.……..…47
4.2 Напорный фильтр……..……..……..…47
4.3 Расчет напорного фильтра……..……..…50
Глава 5 Оценка воздействий на окружающую среду проектируемого водозабора…….55
5.1 Оценка воздействия систем водоснабжения из поверхностного источника на окружающую природную среду……..……56
5.1.1 Характеристика проектируемого объекта…….56
5.1.2 Характеристика источника водоснабжения……..56
5.2 Технологическая схема водоподготовки……57

5.3 Технология водоподготовки с точки зрения возможного антропогенного воздействия на природную среду……57
5.3.1 Количественная оценка антропогенного воздействия……..……57
5.3.2 Оценка гидравлической нагрузки на водный объект водозабором…….....58
5.3.3 Количество жидких отходов…….……..58
5.4 Проектирование водоохраной зоны водного объекта…….…58
5.5 Проектирование зон санитарной охраны……...59
5.5.1 Первый пояс зоны санитарной охраны……60
5.5.2 Второй пояс зоны санитарной охраны…….……60
5.5.3 Третий пояс зоны санитарной охраны……..……61
5.5.4 Зоны санитарной охраны трубопровода……..…….62
Глава 6 Технология и организация строительного производства……...……64
6.1 Определение объемов земляных работ.....65
6.1.1 Подбор колодца……...…...67
6.2 Предварительный выбор комплекта машин…….……..……71
6.2.1 Выбор экскаватора…….……71
6.2.2 Выбор средств для транспортирования избыточного грунта за пределы строительства……..……72
6.2.3 Выбор механизмов для обратной засыпки и планировки траншеи……73
6.2.4 Определение технико-экономических показателей для окончательного выбора комплекта машин…….....74
6.3 Определение размеров забоя…….…77
6.4 Выбор кранового оборудования для монтажа трубопровода……..…78
Глава 7 Охрана труда и техника безопасности…….……..80
7.1 Общие требования……..……81
7.2 Правила безопасности при устройстве и эксплуатации водозаборного сооружения инфильтрационного типа……82
7.3 Пожарная безопасность……..……83
7.4 Порядок уведомления о несчастных случаях……...84
7.5 Правила личной гигиены……85
Глава 8 Автоматика……...……86
8.1 Автоматизация насосной станции при наличии трех насосов……...…..87
8.2 Энергосбережение в насосных установках……...…….91
8.3 Автоматизация работы насосных станций……...……..94
8.4 Датчики уровня воды……..……95
Глава 9 Экономика……96
9.1 Общие положения……..……..97
9.2 Анализ сметной стоимости……..……..99
9.3 Расчет годовых эксплуатационных расходов……..101
9.3.1 Расходы на заработную плату и отчисления на социальное страхование……101
9.3.2 Стоимость электроэнергии……...102

9.3.3 Стоимость воды, используемой на собственные нужды……...103
9.3.4 Амортизационные отчисления……104
9.3.5 Затраты на текущий ремонт и прочие расходы……..104
9.4 Расчет технико-экономических показателей проекта……..……...104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ……..106
Приложение А – Локальная смета……109

# ГЛАВА 1

## Определение расчетных расходов воды. Гидравлический расчет водопроводной сети

## 1.1 Проектирование водопроводной сети

Для транспортирования воды от источников к объектам водоснабжения служат водопроводы. Их выполняют из двух или более трубопроводов, укладываемых параллельно друг другу. Для подачи воды непосредственно к местам ее потребления (жилые здания, цеха промышленных предприятий) служит водопроводная сеть. При трассировке линий водопроводной сети необходимо учитывать планировку объекта водоснабжения, размещение отдельных потребителей воды, рельеф местности. В хозяйственно-питьевых и производственных водопроводах, как правило, принимают кольцевые сети, вследствие их способности обеспечивать бесперебойную подачу воды. Насосные станции второго подъема служат для подачи воды с очистных сооружений потребителям. Режим работы насосной станции второго подъема зависит от графика водоснабжения. Подача воды в течение суток может быть равномерной и ступенчатой. При ступенчатой подаче уменьшается необходимый объем бака водонапорной башни и полный напор насосов. Насосной станции целесообразно устанавливать однотипные насосы с одинаковой подачей. Режим работы насосной станции выбирают на основе анализа графиков водопотребления и совместной работы насосов, водопроводов и водопроводной сети. Полного соответствия водопотребления и подачи воды насосной станцией добиться невозможно. Для регулирования подачи воды и потребления служат Насосы с частотным регулированием электродвигателей. НС-II устанавливают выше города по течению реки.

## 1.2 Определение расчётных расходов воды

Водопотребители расходуют воду в течение суток неравномерно со значительными колебаниями в различные часы. Чтобы обеспечить требуемую пропускную способность распределительной сети труб и других сооружений системы водоснабжения необходимо знать максимальный требуемый расход. Для его определения необходимо просуммировать часовые расходы воды каждым потребителем и составить график водопотребления в течение суток. Расчетный (средний за год) суточный расход воды, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяем по формуле (1.1):

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

где $q_{ж}$ – удельное водопотребление, л/сут. Зависит от степени благоустройства районов жилой застройки и принимается по [1];

N – численность населения, 310618 чел.

$$Q_{сут}^{ср} = \frac{250 \cdot 310618}{1000} = 77654,5 \ м^3 / сут.$$

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

$$Q_{сут.\max} = k_{сут.\max} \cdot Q_{сут}^{ср},$$
$$Q_{сут.\min} = k_{сут.\min} \cdot Q_{сут}^{ср}, \quad (1.2)$$

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

Если в населенном пункте имеются зоны с различным санитарно-техническим оборудованием зданий, то среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения определяем по суточному расходу воды для каждой зоны, а затем находим их сумму.

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

$$k_{ч.\max} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max} = 1,2 \cdot 1,05 = 1,26$$
$$k_{ч.\min} = \alpha_{\min} \cdot \beta_{\min} = 0,5 \cdot 0,85 = 0,425 \quad (1.3)$$

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

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

βмакс=1,05; βмин=0,85

$$Q_{сут.\max} = 1,26 \cdot 77654,5 = 97844,67 \ м^3 / сут;$$
$$Q_{сут.\min} = 0,425 \cdot 77654,5 = 33003,16 \ м^3 / сут;$$

Максимальные и минимальные часовые расходы воды населением из водопроводной сети, $м^3 / ч$, определяем по формулами (1.3) и (1.4):

$$q_{ч.\max} = \frac{k_{ч.\max} \cdot Q_{сут.\max}}{24} = \frac{1{,}26 \cdot 97844{,}67}{24} = 5136{,}85 \ м^3/ч; \quad (1.4)$$

$$q_{ч.\min} = \frac{k_{ч.\min} \cdot Q_{сут.\min}}{24} = \frac{0{,}425 \cdot 33003{,}16}{24} = 584{,}43 \ м^3/ч; \quad (1.5)$$

Таблица 1.1 – Расход воды на поливку

| Вид территории населенного пункта | Площадь территорий города по видам благоустройства, $S_{зел}$, м$^2$ | Норма расхода воды на поливку $q_{пол}$, л/м$^2$. | $Q_{пол}$, м$^3$/сут |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Усовершенствованные покрытия проездов и площадей | 1022340 | 0,3 | 306,7 |
| Газоны и цветники | 254132 | 4 | 1016,53 |
| Итого | | | 1323,23 |

Расход воды на нужды местной промышленности составляет 10 % от $Q_{сут.\max}$:

$$Q_{МП} = \frac{Q_{сут.\max} \cdot 0{,}15}{24} = \frac{97844{,}67 \cdot 0{,}1}{24} = 407{,}69 \ м^3/ч. \quad (1.6)$$

Вычисленные данные заносятся в табл. 1.2.

Таблица 1.2 – Расчётное водопотребление в городе по часам

| Часы суток | Хозяйственно-питьевые нужды населения | | Поливка улиц зеленых насаждений | | $Q_{МП}$ | $Q_{ПП}$ | Всего | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $K = 1,56\%$ | $Q_{пит}$, м$^3$/ч | Машины (60%) | Ручная (40%) | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 – 1 | 3,35 | 3277,80 | 38,83 | 51,77 | 407,69 | 610 | 4386,08 | 3,56 |
| 1 – 2 | 3,25 | 3179,95 | 38,83 | 51,77 | 407,69 | 610 | 4288,23 | 3,49 |
| 2 – 3 | 3,30 | 3228,87 | 38,83 | 51,77 | 407,69 | 610 | 4337,16 | 3,52 |
| 3 – 4 | 3,20 | 3131,03 | 38,83 | 51,77 | 407,69 | 610 | 4239,31 | 3,45 |
| 4 – 5 | 3,25 | 3179,95 | 38,83 | 51,77 | 407,69 | 610 | 4288,23 | 3,49 |
| 5 – 6 | 3,40 | 3326,72 | 38,83 | 51,77 | 407,69 | 610 | 4435,00 | 3,60 |
| 6 – 7 | 3,85 | 3767,02 | | | 407,69 | 610 | 4784,71 | 3,89 |
| 7 – 8 | 4,45 | 4354,09 | | | 407,69 | 610 | 5371,77 | 4,37 |
| 8 – 9 | 5,20 | 5087,92 | | | 407,69 | 610 | 6105,61 | 4,96 |
| 9 – 10 | 5,05 | 4941,16 | | | 407,69 | 610 | 5958,84 | 4,84 |
| 10 – 11 | 4,85 | 4745,47 | | | 407,69 | 610 | 5763,15 | 4,68 |
| 11 – 12 | 4,60 | 4500,85 | | | 407,69 | 610 | 5518,54 | 4,48 |
| 12 – 13 | 4,60 | 4500,85 | | | 407,69 | 610 | 5518,54 | 4,48 |
| 13 – 14 | 4,55 | 4451,93 | | | 407,69 | 610 | 5469,62 | 4,45 |
| 14 – 15 | 4,75 | 4647,62 | | | 407,69 | 610 | 5665,31 | 4,60 |
| 15 – 16 | 4,70 | 4598,70 | | | 407,69 | 610 | 5616,39 | 4,56 |
| 16 – 17 | 4,65 | 4549,78 | | | 407,69 | 610 | 5567,46 | 4,52 |
| 17 – 18 | 4,35 | 4256,24 | | | 407,69 | 610 | 5273,93 | 4,29 |
| 18 – 19 | 4,40 | 4305,17 | 38,83 | | 407,69 | 610 | 5361,68 | 4,36 |
| 19 – 20 | 4,30 | 4207,32 | 38,83 | | 407,69 | 610 | 5263,83 | 4,28 |
| 20 – 21 | 4,30 | 4207,32 | 38,83 | | 407,69 | 610 | 5263,83 | 4,28 |
| 21 – 22 | 4,20 | 4109,48 | 38,83 | | 407,69 | 610 | 5165,99 | 4,20 |
| 22 – 23 | 3,75 | 3669,18 | 38,83 | | 407,69 | 610 | 4725,69 | 3,84 |
| 23 – 24 | 3,70 | 3620,25 | 38,83 | | 407,69 | 610 | 4676,77 | 3,80 |
| Всего: | 100 | 97844,67 | 465,93 | 310,62 | 9784,47 | 14640 | 123045,68 | 100 |

## 1.3 Определение расчетного расхода воды на пожаротушение

В соответствии со СП 31.13330.2012, принимаем 3 одновременных пожара продолжительностью 3 часа при расходе воды на тушение каждого пожара

25 л/с. При расчете принимаем, что пожары происходят одновременно в часы максимального водопотребления.

Расход воды на пожаротушение определяется по формуле

$$Q_{пож} = 3600 \cdot q \cdot t \cdot n \quad м^3/за\ 3часа \qquad (1.7)$$

$$Q_{пож} = 3600 \cdot 0{,}025 \cdot 3 \cdot 3 = 810 м^3/за\ 3часа$$

где $q$– норма воды на пожаротушение ;

$t$ – время тушения пожара ч.;

$n$ – число одновременных пожаров.

### 1.4 Гидравлический расчёт трубопроводов

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

I – час максимального водопотребления;

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

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

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

#### 1.4.1 Расчет сети во время максимального водоразбора

1) На генплане возьмем кольцевую сеть между улицами Молокова, 78 Добровольческой Бригады, Взлетной (7-ой микрорайон жилмассива Взлетка);

2) Пронумеруем узловые точки и определим длину каждого участка сети;

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

4) Определим удельное водопотребление:

$$q_{уд.} = \frac{Q_{max} - Q_{ПП}}{\sum \ell} = \frac{(403 - 40{,}3) \cdot 1000}{3600 \cdot 6100} = 0{,}0165\ л/с\ на\ 1\ п.\ м., \qquad (1.8)$$

где $Q_{max} = 6288\ м^3/ч$ – общий расход воды, $л/с$;

$Q_{ПП} = 610\ м^3/ч$ – сосредоточенный расход, отбираемый крупным потребителем, $л/с$;

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

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

5) Определим путевой расход по каждому участку:

$$Q_{П} = q_{уд.} \cdot \ell, \qquad (1.9)$$

где $\ell$ – длинна участка, м.

Результаты расчетов представим в виде таблицы 1.3.

Таблица 1.3 – Определение путевых отборов

| Номер участка | Длина участка, м | Путевой расход, $Q_{П}$, л/с |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 – 2 | 524 | 8,65 |
| 2 – 3 | 384 | 6,34 |
| 3 – 4 | 468 | 7,72 |
| 4 – 5 | 650 | 10,73 |
| 5 – 6 | 296 | 4,88 |
| 6 – 7 | 383 | 6,32 |
| 7 – 8 | 319 | 5,26 |
| 8 – 9 | 246 | 4,06 |
| 9– 10 | 208 | 3,43 |
| 10 – 1 | 543 | 8,96 |
| 10 – 11 | 522 | 8,61 |
| 2 – 11 | 544 | 8,98 |
| 11 – 5 | 319 | 5,26 |
| 9 – 6 | 694 | 11,45 |
| сумма: | 6100 | 100,65 |

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

Результаты расчетов заносим в таблицу 1.4

Таблица 1.4 – Определение узловых отборов

| Номер узла | Номера участков, примыкающих к узлу | $Q_{пут.}$, л/с | $Q_{узл.}$, л/с |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 – 2; 1 – 10 | 17,61 | 8,80 |
| 2 | 2 – 1; 2 – 3; 2 – 11 | 23,96 | 11,98 |
| 3 | 3 – 2; 3 – 4 | 14,06 | 7,03 |
| 4 | 4 – 3; 4 – 5 | 18,45 | 9,22 |
| 5 | 5 – 4; 5 – 6; 5-11 | 20,87 | 10,44 |
| 6 | 6 – 5; 6 – 9; 6 – 7 | 22,65 | 11,33 |
| 7 | 7 – 6; 7 – 8 | 11,58 | 5,79 |
| 8 | 8 – 7; 8 – 9 | 9,32 | 4,66 |
| 9 | 9 – 8; 9 – 6; 9 – 10 | 18,94 | 9,47 |
| 10 | 10 – 9; 10 – 11; 10 – 1 | 21,00 | 10,50 |
| 11 | 11 – 5; 11 – 10; 11-2 | 22,85 | 11,43 |
| 12 | 1 – 2; 1 – 10 | 17,61 | 8,80 |
| сумма: | | | 100,65 |

### 1.4.2 Расчет сети в точках максимального транзита

1) На генплане нанесем кольцевую сеть так, чтобы можно было подключить к ней все кварталы и предприятия;
2) Пронумеруем узловые точки и определим длину каждого участка сети;
3) Пронумеруем кольца. Число колец сети в курсовом проекте должно быть не меньше четырех;
4) Определим удельное водопотребление по формуле (1.10):

$$q_{уд.} = \frac{Q_{max} - Q_{ПП}}{\sum \ell} = \frac{123{,}24 - 40{,}3}{6100 \cdot 3{,}6} = 0{,}0038 л/с \ на\ 1\ п.м., \qquad (1.10)$$

где $Q_{max}$ = 123,24 $м^3/ч$ – общий расход воды, *л/с*;

$Q_{ПП}$ = 40,3 $м^3/ч$ – сосредоточенный расход, отбираемый крупным потребителем, *л/с*;

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

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

5) Определим путевой расход по каждому участку:

$$Q_{П} = q_{уд.} \cdot \ell, \qquad (1.11)$$

где $\ell$ – длина участка, м.

Результаты расчетов представим в виде таблицы 1.5.

Таблица 1.5 – Определение путевых отборов

| Номер участка | Длина участка, м | Путевой расход, $Q_П$, л/с |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 – 2 | 524 | 1,99 |
| 2 – 3 | 384 | 1,46 |
| 3 – 4 | 468 | 1,78 |
| 4 – 5 | 650 | 2,47 |
| 5 – 6 | 296 | 1,12 |
| 6 – 7 | 383 | 1,46 |
| 7 – 8 | 319 | 1,21 |
| 8 – 9 | 246 | 0,93 |
| 9– 10 | 208 | 0,79 |
| 10 – 1 | 543 | 2,06 |
| 10 – 11 | 522 | 1,98 |
| 2 – 11 | 544 | 2,07 |
| 11 – 5 | 319 | 1,21 |
| 9 – 6 | 694 | 2,64 |
| сумма: | 6100 | 23,18 |

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

Результаты расчетов заносим в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Определение узловых отборов

| Номер узла | Номера участков, примыкающих к узлу | $Q_{пут.}$, л/с | $Q_{узл.}$, л/с |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 – 2; 1 – 10 | 5,23 | 2,61 |
| 2 | 2 – 1; 2 – 3; 2 – 11 | 4,46 | 2,23 |
| 3 | 3 – 2; 3 – 4 | 5,05 | 2,53 |
| 4 | 4 – 3; 4 – 5 | 4,73 | 2,37 |
| 5 | 5 – 4; 5 – 6; 5-11 | 2,99 | 1,50 |
| 6 | 6 – 5; 6 – 9; 6 – 7 | 3,43 | 1,71 |
| 7 | 7 – 6; 7 – 8 | 5,77 | 2,89 |
| 8 | 8 – 7; 8 – 9 | 5,26 | 2,63 |
| 9 | 9 – 8; 9 – 6; 9 – 10 | 3,85 | 1,92 |
| 10 | 10 – 9; 10 – 11; 10 – 1 | 2,07 | 1,03 |
| 11 | 11 – 5; 11 – 10; 11-2 | 3,52 | 1,76 |
| 12 | 1 – 2; 1 – 10 | 5,23 | 2,61 |
| сумма: | | | 23,18 |

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

### 1.4.3 Расчет сети в момент пожара

Количество пожаров выбирается в зависимости от количества проживающих в населенном пункте. Принимаем 3 пожара, так как в данном населенном пункте проживает жителей в данном диапазоне 176075 человек с расходом воды 55 л/с.

После чего производим трассировку водопроводной сети.

1) Определим удельное водопотребление:

$$q_{уд.} = \frac{Q_{max} - Q_{ПП}}{\sum \ell} = \frac{403 - 40{,}3}{6100 \cdot 3{,}6} = 0{,}0165 \ л/с \ на \ 1 \ п.м., \qquad (1.12)$$

где $Q_{max}$ = 403 $м^3/ч$ – общий расход воды;

$Q_{ПП}$ = 40,3 $м^3/ч$ – сосредоточенный расход, отбираемый крупным потребителем;

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

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

2) Определим путевой расход по каждому участку:

$$Q_{П} = q_{уд.} \cdot \ell, \qquad (1.13)$$

где $\ell$ – длина участка, м.

Результаты расчетов заносим в таблицу 1.7.

Таблица 1.7 – Определение путевых отборов

| Номер участка | Длина участка, м | Путевой расход, $Q_П$, л/с |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 – 2 | 524 | 10,64 |
| 2 – 3 | 384 | 7,80 |
| 3 – 4 | 468 | 9,50 |
| 4 – 5 | 650 | 13,20 |
| 5 – 6 | 296 | 6,01 |
| 6 – 7 | 383 | 7,77 |
| 7 – 8 | 319 | 6,48 |
| 8 – 9 | 246 | 4,99 |
| 9– 10 | 208 | 4,22 |
| 10 – 1 | 543 | 11,02 |
| 10 – 11 | 522 | 10,60 |
| 2 – 11 | 544 | 11,04 |
| 11 – 5 | 319 | 6,48 |
| 9 – 6 | 694 | 14,09 |
| сумма | 6100 | 123,8 |

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

Результаты расчетов заносим в таблицу 1.8.

Таблица 1.8 – Определение узловых отборов

| Номер узла | Номера участков, примыкающих к узлу | $Q_{узл.}$, л/с |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1 – 2; 1 – 10 | 46,02 |
| 2 | 2 – 1; 2 – 3; 2 – 11 | 31,69 |
| 3 | 3 – 2; 3 – 4 | 51,23 |
| 4 | 4 – 3; 4 – 5 | 86,66 |
| 5 | 5 – 4; 5 – 6; 5-11 | 42,98 |
| 6 | 6 – 5; 6 – 9; 6 – 7 | 41,24 |
| 7 | 7 – 6; 7 – 8 | 59,91 |
| 8 | 8 – 7; 8 – 9 | 37,77 |
| 9 | 9 – 8; 9 – 6; 9 – 10 | 27,78 |
| 10 | 10 – 9; 10 – 11; 10 – 1 | 29,52 |
| 11 | 11 – 5; 11 – 10; 11-2 | 91,87 |
| 1 | 1 – 2; 1 – 10 | 46,02 |
| сумма: | | 546,64 |

## 1.5 Гидравлическая увязка водопроводных сетей

Таблица 1.9 – Случай максимального водоразбора

| № кольца | № участка | Длина участка $\ell$, м | Предварительное распределение воды | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $q$, л/с | $d$, мм | $\nu$, м/с | $\sigma$ | $S_0$ | $S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$ | $S \cdot q$ | $h = S \cdot q^2$ |
| 1 | 1 – 2 | 524 | 41,52 | 400 | 0,331 | 1,240 | 1,907*10 -7 | 0,00012 | 0,00514 | -0,21 |
| | 2– 11 | 544 | 29,54 | 200 | 0,941 | 1,040 | 2,187*10 -6 | 0,00394 | 0,11630 | 3,44 |
| | 11 – 10 | 522 | 31,02 | 300 | 0,439 | 1,175 | 8,466*10 -7 | 0,00052 | 0,01611 | 0,50 |
| | 10 – 1 | 543 | 41,52 | 200 | 1,322 | 1,000 | 2,187*10 -6 | 0,00378 | 0,15689 | -6,51 |
| | | | | | | | | сумма | 0,29445 | -2,79 |
| 2 | 2 – 3 | 384 | 29,54 | 400 | 0,235 | 1,330 | 1,907*10 -7 | 0,00010 | 0,00288 | -0,08 |
| | 3 – 4 | 468 | 24,18 | 400 | 0,193 | 1,330 | 1,907*10 -7 | 0,00012 | 0,00287 | -0,07 |
| | 4 – 5 | 650 | 28,6 | 400 | 0,228 | 1,330 | 1,907*10 -7 | 0,00016 | 0,00472 | 0,13 |
| | 5 – 11 | 319 | 18,23 | 300 | 0,258 | 1,330 | 8,466*10 -7 | 0,00036 | 0,00655 | 0,12 |
| | | | | | | | | сумма | 0,01701 | 0,10 |
| 3 | 5 – 6 | 296 | 13,04 | 400 | 0,104 | 1,330 | 1,907*10 -7 | 0,00008 | 0,00098 | -0,01 |
| | 9 – 6 | 694 | 20,34 | 150 | 1,152 | 1,000 | 2,187*10 -6 | 0,00483 | 0,09823 | -2,00 |
| | 10 – 9 | 208 | 10,48 | 200 | 0,334 | 1,240 | 2,187*10 -6 | 0,00179 | 0,01881 | 0,20 |
| | 11 – 5 | 522 | 18,23 | 300 | 0,258 | 1,330 | 8,466*10 -7 | 0,00059 | 0,01071 | 0,20 |
| | | | | | | | | сумма | 0,12874 | -1,62 |
| 4 | 6 – 7 | 383 | 12,64 | 200 | 0,403 | 1,175 | 2,187*10 -6 | 0,00313 | 0,03958 | 0,50 |
| | 7 – 8 | 319 | 10,52 | 200 | 0,335 | 1,240 | 2,187*10 -7 | 0,00275 | 0,02896 | 0,30 |
| | 9 – 6 | 694 | 20,3 | 150 | 1,149 | 1,000 | 2,187*10 -8 | 0,00483 | 0,09804 | -1,99 |
| | 9 – 8 | 246 | 8,13 | 200 | 0,259 | 1,330 | 2,187*10 -9 | 0,00228 | 0,01851 | -0,15 |
| | | | | | | | | сумма | 0,18509 | -1,34 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{2,79}{2 \cdot 0,29445} = 4,742 \ \ л/с, \qquad (1.14)$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,1}{2 \cdot 0,01701} = 2,934 \ \ л/с, \qquad (1.15)$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,62}{2 \cdot 0,12874} = 6,286 \ \ л/с, \qquad (1.16)$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,34}{2 \cdot 0,18509} = 3,608 \ \ л/с \qquad (1.17)$$

Таблица 1.10 – Случай максимального водоразбора (Исправление 1)

| №кольца | №участка | $\Delta q$, л/с | $\Delta q$ *см*, л/с | $q$, л/с | $S \cdot q$ | $h$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–2 | 0 | | 685,285 | 0,004 | 2,722 |
| | 2–7 | -1,084 | -2,859 | 261,772 | 0,016 | 4,063 |
| | 7–8 | 1,084 | 34,053 | 306,410 | 0,018 | -5,566 |
| | 8–1 | 0 | | 685,285 | 0,004 | -2,460 |
| | | | | сумма: | 0,041 | -1,241 |
| 2 | 2–3 | 2,859 | | 268,574 | 0,022 | 5,841 |
| | 2–7 | -2,859 | -1,084 | 261,772 | 0,016 | -4,162 |
| | 3–4 | 2,859 | 1,558 | 56,837 | 0,074 | 4,200 |
| | 47 | 2,859 | -12,97 | 160,103 | 0,032 | -5,133 |
| | | | | сумма: | 0,144 | 0,746 |
| 3 | 8–7 | 34,053 | 1,084 | 306,410 | 0,018 | 5,566 |
| | 8–9 | -34,053 | | 237,220 | 0,014 | -3,336 |
| | 9–10 | -34,053 | 1,655 | 26,311 | 0,058 | -1,514 |
| | 10–7 | 34,053 | 12,97 | 217,237 | 0,042 | -9,225 |
| | | | | сумма: | 0,132 | -8,509 |
| 4 | 7–10 | 12,97 | 34,053 | 217,237 | 0,042 | -9,225 |
| | 7–4 | -12,97 | 2,859 | 160,103 | 0,032 | 5,132 |
| | 10–11 | -12,97 | 1,655 | 65,508 | 0,066 | 4,330 |
| | 11–6 | 12,97 | | 159,647 | 0,030 | -4,766 |
| | 6–4 | -12,97 | 1,558 | 108,262 | 0,023 | 2,508 |
| | | | | сумма: | 0,194 | -2,021 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,241}{2 \cdot 0,041} = 15,047 \quad л/с, \tag{1.18}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,746}{2 \cdot 0,144} = 2,599 \quad л/с, \tag{1.19}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{8,509}{2 \cdot 0,132} = 32,172 \quad л/с, \tag{1.20}$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{2,021}{2 \cdot 0,194} = 5,218 \quad л/с \tag{1.21}$$

Таблица 1.1 – Случай максимального водоразбора (Исправление 2)

| №кольца | №участка | $\Delta q$, л/с | $\Delta q$ *см*, л/с | $q$, л/с | $S \cdot q$ | $h$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–2 | 15,047 | | 700,332 | 0,004 | 2,843 |
| | 2–7 | 15,047 | 2,599 | 279,418 | 0,016 | 4,629 |
| | 7–8 | -15,047 | 32,172 | 323,535 | 0,019 | -6,206 |
| | 8–1 | -15,047 | | 670,238 | 0,003 | -2,353 |
| | | | | сумма: | 0,043 | -1,087 |
| 2 | 2–3 | -2,599 | | 265,975 | 0,021 | 5,728 |
| | 2–7 | 2,599 | 15,047 | 279,418 | 0,016 | -4,742 |
| | 3–4 | -2,599 | 2,499 | 56,737 | 0,073 | 4,185 |
| | 47 | 2,599 | 5,218 | 167,920 | 0,033 | -5,646 |
| | | | | сумма: | 0,146 | -0,474 |
| 3 | 8–7 | 32,172 | -15,047 | 323,535 | 0,019 | 6,206 |
| | 8–9 | -32,172 | | 205,048 | 0,012 | -2,493 |
| | 9–10 | -32,172 | 13,089 | 7,228 | 0,015 | -0,114 |
| | 10–7 | -32,172 | -5,218 | 179,847 | 0,035 | -6,322 |
| | | | | сумма: | 0,082 | -2,724 |
| 4 | 7–10 | -5,218 | -32,172 | 179,847 | 0,035 | -6,322 |
| | 7–4 | 5,218 | 2,599 | 167,920 | 0,033 | 5,645 |
| | 10–11 | 5,218 | 13,089 | 83,815 | 0,084 | 7,088 |
| | 11–6 | -5,218 | | 154,429 | 0,028 | -4,459 |
| | 6–4 | 5,218 | 2,499 | 115,979 | 0,024 | 2,878 |
| | | | | сумма: | 0,207 | 4,830 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1{,}087}{2 \cdot 0{,}043} = 12{,}546 \quad л/с, \tag{1.22}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0{,}474}{2 \cdot 0{,}146} = 1{,}626 \quad л/с, \tag{1.23}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{2{,}724}{2 \cdot 0{,}082} = 16{,}547 \quad л/с, \tag{1.24}$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{4{,}830}{2 \cdot 0{,}207} = 11{,}664 \quad л/с \tag{1.25}$$

Таблица 1.12 – Случай максимального водоразбора (Исправление 3)

| №кольца | №участка | *Δq*, л/с | *Δq см*, л/с | *q*, л/с | *S·q* | *h* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–2 | 12,546 | | 712,878 | 0,004 | 2,946 |
| | 2–7 | 12,546 | -1,626 | 290,338 | 0,017 | 4,997 |
| | 7–8 | -12,546 | 16,547 | 327,536 | 0,019 | -6,360 |
| | 8–1 | -12,546 | | 657,692 | 0,003 | -2,265 |
| | | | | сумма: | 0,044 | -0,682 |
| 2 | 2–3 | 1,626 | | 267,601 | 0,021 | 5,798 |
| | 2–7 | -1,626 | 12,546 | 290,338 | 0,018 | -5,119 |
| | 3–4 | 0 | | 56,737 | 0,073 | 4,184 |
| | 47 | -1,626 | -11,664 | 154,630 | 0,030 | -4,787 |
| | | | | сумма: | 0,144 | 0,076 |
| 3 | 8–7 | 16,547 | -12,546 | 327,536 | 0,019 | 6,360 |
| | 8–9 | -16,547 | | 188,501 | 0,011 | -2,106 |
| | 9–10 | -16,547 | 4,761 | -4,558 | -0,009 | -0,045 |
| | 10–7 | -16,547 | 11,664 | 174,964 | 0,034 | -5,983 |
| | | | | сумма: | 0,055 | -1,776 |
| 4 | 7–10 | 11,664 | -16,547 | 174,964 | 0,034 | -5,983 |
| | 7–4 | -11,664 | -1,626 | 154,630 | 0,030 | 4,786 |
| | 10–11 | -11,664 | 4,761 | 76,912 | 0,077 | 5,968 |
| | 11–6 | 11,664 | | 166,093 | 0,031 | -5,158 |
| | 6–4 | -11,664 | 0,260 | 104,575 | 0,022 | 2,340 |
| | | | | сумма: | 0,196 | 1,953 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,682}{2 \cdot 0,044} = 7,79 \ \ л/с, \qquad (1.26)$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,076}{2 \cdot 0,144} = 0,265 \ \ л/с, \qquad (1.27)$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,776}{2 \cdot 0,055} = 16,193 \ \ л/с, \qquad (1.28)$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,953}{2 \cdot 0,196} = 4,978 \ \ л/с \qquad (1.29)$$

Таблица 1.13 – Случай максимального водоразбора (Исправление 4)

| №кольца | №участка | Δq, л/с | Δq см, л/с | q, л/с | S·q | h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–2 | 7,719 | | 720,597 | 0,004 | 3,010 |
| | 2–7 | 7,719 | 0,265 | 298,322 | 0,017 | 5,276 |
| | 7–8 | -7,719 | 16,193 | 336,010 | 0,019 | -6,693 |
| | 8–1 | -7,719 | | 649,973 | 0,003 | -2,213 |
| | | | | сумма: | 0,045 | -0,620 |
| 2 | 2–3 | 0 | | 267,601 | 0,021 | 5,798 |
| | 2–7 | 0,265 | 7,719 | 298,322 | 0,018 | -5,404 |
| | 3–4 | -0,265 | 1,197 | 57,669 | 0,074 | 4,323 |
| | 47 | 0,265 | -4,978 | 149,917 | 0,030 | -4,500 |
| | | | | сумма: | 0,145 | 0,217 |
| 3 | 8–7 | 16,193 | -7,719 | 336,010 | 0,019 | 6,693 |
| | 8–9 | -16,193 | | 172,308 | 0,010 | -1,760 |
| | 9–10 | -16,193 | 5,376 | -15,375 | -0,033 | -0,516 |
| | 10–7 | -16,193 | 4,978 | 163,749 | 0,032 | -5,241 |
| | | | | сумма: | 0,029 | -0,825 |
| 4 | 7–10 | 4,978 | -16,193 | 163,749 | 0,032 | -5,241 |
| | 7–4 | -4,978 | 0,265 | 149,917 | 0,030 | 4,499 |
| | 10–11 | -4,978 | 5,376 | 77,310 | 0,078 | 6,030 |
| | 11–6 | 4,978 | | 171,071 | 0,031 | -5,472 |
| | 6–4 | -4,978 | 1,197 | 100,794 | 0,021 | 2,174 |
| | | | | сумма: | 0,194 | 1,990 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,620}{2 \cdot 0,045} = 6,862 \quad л/с, \tag{1.30}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,217}{2 \cdot 0,145} = 0,749 \quad л/с, \tag{1.31}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,825}{2 \cdot 0,029} = 14,463 \quad л/с, \tag{1.32}$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,990}{2 \cdot 0,194} = 5,141 \quad л/с \tag{1.33}$$

Таблица 1.14 – Случай максимального водоразбора (Исправление 5)

| №кольца | №участка | Δq, л/с | Δq см, л/с | q, л/с | S·q | h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–2 | 6,862 | | 727,459 | 0,004 | 3,067 |
| | 2–7 | 6,862 | 0,749 | 305,933 | 0,018 | 5,548 |
| | 7–8 | -6,862 | 14,463 | 343,611 | 0,020 | -6,999 |
| | 8–1 | -6,862 | | 643,111 | 0,003 | -2,166 |
| | | | | сумма: | 0,046 | -0,550 |
| 2 | 2–3 | 0 | | 267,601 | 0,021 | 5,798 |
| | 2–7 | 0,749 | 6,862 | 305,933 | 0,018 | -5,684 |
| | 3–4 | 0 | | 57,669 | 0,074 | 4,323 |
| | 47 | 0,749 | -5,141 | 145,525 | 0,029 | -4,240 |
| | | | | сумма: | 0,144 | 0,197 |
| 3 | 8–7 | 14,463 | -6,862 | 343,611 | 0,020 | 6,999 |
| | 8–9 | -14,463 | | 157,845 | 0,009 | -1,477 |
| | 9–10 | -14,463 | 0,860 | -28,978 | -0,063 | -1,836 |
| | 10–7 | -14,463 | 5,141 | 154,427 | 0,030 | -4,661 |
| | | | | сумма: | -0,003 | -0,448 |
| 4 | 7–10 | 5,141 | -14,463 | 154,427 | 0,030 | -4,661 |
| | 7–4 | -5,141 | 0,749 | 145,525 | 0,029 | 4,239 |
| | 10–11 | -5,141 | 0,860 | 73,029 | 0,073 | 5,381 |
| | 11–6 | 5,141 | | 176,212 | 0,032 | -5,806 |
| | 6–4 | -5,141 | 0,463 | 96,116 | 0,020 | 1,976 |
| | | | | сумма: | 0,187 | 0,130 |

Таблица 1.15 – Случай максимального транзита

| № кольца | № участка | Длина участка $\ell$, м | Предварительное распределение воды | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $q$, л/с | $d$, мм | $\nu$, м/с | $\sigma$ | $S_0$ | $S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$ | $S \cdot q$ | $h = S \cdot q^2$ |
| 1 | 1 – 2 | 1050 | 531,78 | 700 | 1,43 | 1 | $1{,}098*10^{-8}$ | $1{,}1529*10^{-5}$ | 0,006 | 3,260 |
| | 2 – 7 | 1025 | 237,13 | 500 | 1,18 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $5{,}9286*10^{-5}$ | 0,014 | 3,334 |
| | 7 – 8 | 1025 | 239,21 | 500 | 1,18 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $5{,}9286*10^{-5}$ | 0,014 | -3,392 |
| | 8 – 1 | 950 | 531,78 | 700 | 1,43 | 1 | $1{,}098*10^{-8}$ | $1{,}0431*10^{-5}$ | 0,006 | -2,950 |
| | | | | | | | | Сумма: | 0,040 | 0,252 |
| 2 | 2 – 3 | 1400 | 237,13 | 500 | 1,18 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $8{,}0976*10^{-5}$ | 0,019 | 4,553 |
| | 2 – 7 | 1050 | 237,13 | 500 | 1,18 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $6{,}0732*10^{-5}$ | 0,014 | -3,415 |
| | 7 - 4 | 1050 | 201,42 | 500 | 0,99 | 1,03 | $5{,}784*10^{-8}$ | $6{,}2554*10^{-5}$ | 0,013 | -2,538 |
| | 3 - 4 | 575 | 88,49 | 300 | 1,18 | 1 | $8{,}466*10^{-7}$ | $4{,}8679*10^{-4}$ | 0,043 | 3,812 |
| | | | | | | | | Сумма: | 0,089 | 2,412 |
| 3 | 8 – 7 | 1025 | 239,21 | 500 | 1,18 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $5{,}9286*10^{-5}$ | 0,014 | 3,392 |
| | 8 – 9 | 1025 | 239,21 | 500 | 1,18 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $5{,}9286*10^{-5}$ | 0,014 | -3,392 |
| | 9 – 10 | 1000 | 90,84 | 300 | 1,25 | 1 | $8{,}466*10^{-7}$ | $8{,}466*10^{-4}$ | 0,077 | -6,986 |
| | 10 – 7 | 1025 | 201,42 | 500 | 0,99 | 1,03 | $5{,}784*10^{-8}$ | $6{,}1064*10^{-5}$ | 0,012 | 2,477 |
| | | | | | | | | Сумма: | 0,118 | -4,509 |
| 4 | 7 – 10 | 1025 | 201,42 | 500 | 0,99 | 1,03 | $5{,}784*10^{-8}$ | $6{,}1065*10^{-5}$ | 0,012 | -2,477 |
| | 7 – 4 | 1050 | 201,42 | 500 | 0,99 | 1,03 | $5{,}784*10^{-8}$ | $6{,}2554*10^{-5}$ | 0,013 | 2,538 |
| | 10 – 11 | 1175 | 235,39 | 500 | 1,13 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $6{,}7962*10^{-5}$ | 0,016 | -3,766 |
| | 11 – 6 | 500 | 117,75 | 350 | 1,16 | 1 | $3{,}731*10^{-7}$ | $1{,}8655*10^{-4}$ | 0,022 | 2,587 |
| | 6 – 4 | 575 | 251,41 | 500 | 1,22 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $3{,}3258*10^{-5}$ | 0,008 | 2,102 |
| | | | | | | | | Сумма: | 0,071 | 0,983 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0{,}252}{2 \cdot 0{,}040} = 3{,}153 \ \ л/с, \qquad (1.34)$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{2{,}142}{2 \cdot 0{,}089} = 13{,}510 \ \ л/с, \qquad (1.35)$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{4{,}509}{2 \cdot 0{,}118} = 19{,}175 \ \ л/с, \qquad (1.36)$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0{,}983}{2 \cdot 0{,}071} = 6{,}904 \ \ л/с \qquad (1.37)$$

Таблица 1.16 – Случай максимального транзита (Исправление 1)

| №кольца | №участка | Δq, л/с | Δq см, л/с | q, л/с | S·q | h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–2 | 0 | | 531,780 | 0,006 | 3,260 |
| | 2–7 | -3,153 | 13,51 | 247,487 | 0,015 | 3,631 |
| | 7–8 | 3,153 | 19,175 | 261,538 | 0,016 | -4,055 |
| | 8–1 | 3,153 | | 534,933 | 0,006 | -2,985 |
| | | | | сумма: | 0,042 | -0,149 |
| 2 | 2–3 | -13,510 | | 223,620 | 0,018 | 4,049 |
| | 2–7 | 13,510 | -3,153 | 247,487 | 0,015 | -3,720 |
| | 4–7 | 13,510 | -6,904 | 208,026 | 0,013 | -2,707 |
| | 34 | -13,510 | 5,432 | 80,412 | 0,039 | 3,148 |
| | | | | сумма: | 0,085 | 0,770 |
| 3 | 8–7 | 19,175 | 3,153 | 261,538 | 0,016 | 4,055 |
| | 8–9 | -19,175 | | 220,035 | 0,013 | -2,870 |
| | 9–10 | -19,175 | -20,965 | 50,700 | 0,043 | -2,176 |
| | 10–7 | 19,175 | 6,904 | 227,499 | 0,014 | 3,160 |
| | | | | сумма: | 0,085 | 2,169 |
| 4 | 7–10 | 6,904 | 19,175 | 227,499 | 0,014 | -3,160 |
| | 7–4 | -6,904 | 13,51 | 208,026 | 0,013 | 2,707 |
| | 10–11 | 6,904 | -20,695 | 221,599 | 0,015 | -3,337 |
| | 11–6 | -6,904 | | 110,846 | 0,021 | 2,292 |
| | 6–4 | -6,904 | 5,432 | 249,938 | 0,008 | 2,078 |
| | | | | сумма: | 0,071 | 0,579 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,149}{2 \cdot 0,042} = 1,774 \ \ л/с, \quad (1.38)$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,770}{2 \cdot 0,085} = 4,514 \ \ л/с, \quad (1.39)$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{2,169}{2 \cdot 0,085} = 12,705 \ \ л/с, \quad (1.40)$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,579}{2 \cdot 0,071} = 4,079 \ \ л/с \quad (1.41)$$

Таблица 1.17 – Случай максимального транзита (Исправление 2)

| №кольца | №участка | Δq, л/с | Δq см, л/с | q, л/с | S·q | h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–2 | 0 | | 531,780 | 0,006 | 3,260 |
| | 2–7 | 1,774 | 4,514 | 253,775 | 0,015 | 3,818 |
| | 7–8 | -1,774 | -12,705 | 247,059 | 0,015 | -3,619 |
| | 8–1 | 0 | | 534,933 | 0,006 | -2,985 |
| | | | | сумма: | 0,041 | 0,475 |
| 2 | 2–3 | -4,514 | | 219,106 | 0,018 | 3,887 |
| | 2–7 | 4,514 | 1,774 | 253,775 | 0,015 | -3,911 |
| | 4–7 | 4,514 | -4,079 | 208,461 | 0,013 | -2,718 |
| | 34 | -4,514 | 3,279 | 79,177 | 0,039 | 3,052 |
| | | | | сумма: | 0,085 | 0,310 |
| 3 | 8–7 | -12,705 | -1,774 | 247,059 | 0,015 | 3,619 |
| | 8–9 | 12,705 | | 232,740 | 0,014 | -3,211 |
| | 9–10 | 12,705 | 4,264 | 67,669 | 0,057 | -3,877 |
| | 10–7 | -12,705 | 4,079 | 218,873 | 0,013 | 2,925 |
| | | | | сумма: | 0,099 | -0,544 |
| 4 | 7–10 | 4,079 | -12,705 | 218,873 | 0,013 | -2,925 |
| | 7–4 | -4,079 | 4,514 | 208,461 | 0,013 | 2,718 |
| | 10–11 | 4,079 | 4,264 | 229,942 | 0,016 | -3,593 |
| | 11–6 | -4,079 | | 106,767 | 0,020 | 2,127 |
| | 6–4 | -4,079 | 3,279 | 249,138 | 0,008 | 2,064 |
| | | | | сумма: | 0,070 | 0,390 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,475}{2 \cdot 0,041} = 5,734 \quad л/с, \tag{1.42}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,310}{2 \cdot 0,085} = 1,826 \quad л/с, \tag{1.43}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,544}{2 \cdot 0,099} = 2,745 \quad л/с, \tag{1.44}$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,390}{2 \cdot 0,070} = 2,780 \quad л/с \tag{1.45}$$

Таблица 1.18 – Случай максимального транзита (Исправление 3)

| №кольца | №участка | Δq, л/с | Δq см, л/с | q, л/с | S·q | h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–2 | | | 531,780 | 0,006 | 3,260 |
| | 2–7 | | | 253,775 | 0,015 | 3,818 |
| | 7–8 | | | 247,059 | 0,014 | -3,618 |
| | 8–1 | | | 534,933 | 0,005 | -2,984 |
| | | | | сумма: | 0,041 | 0,475 |
| 2 | 2–3 | | | 219,106 | 0,017 | 3,887 |
| | 2–7 | | | 253,775 | 0,015 | -3,911 |
| | 4–7 | | | 208,461 | 0,013 | -2,718 |
| | 34 | | | 79,177 | 0,038 | 3,051 |
| | | | | сумма: | 0,085 | 0,310 |
| 3 | 8–7 | | | 247,059 | 0,014 | 3,618 |
| | 8–9 | | | 232,740 | 0,013 | -3,211 |
| | 9–10 | -2,745 | -3,248 | 61,676 | 0,052 | -3,220 |
| | 10–7 | | | 218,873 | 0,013 | 2,925 |
| | | | | сумма: | 0,094 | 0,112 |
| 4 | 7–10 | | | 218,873 | 0,013 | -2,925 |
| | 7–4 | | | 208,461 | 0,013 | 2,718 |
| | 10–11 | 2,78 | 3,248 | 235,970 | 0,016 | -3,784 |
| | 11–6 | | | 106,767 | 0,019 | 2,126 |
| | 6–4 | | | 249,138 | 0,008 | 2,064 |
| | | | | сумма: | 0,071 | 0,200 |

Таблица 1.19 – Случай пожара

| № кольца | № участка | Длина участка $\ell$, м | Предварительное распределение воды | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $q$, л/с | $d$, мм | $\nu$, м/с | $\sigma$ | $S_0$ | $S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$ | $S \cdot q$ | $h = S \cdot q^2$ |
| 1 | 1 – 2 | 1050 | 908,79 | 900 | 1,45 | 1 | $2{,}962*10^{-9}$ | 0,00000311 | 0,003 | 2,569 |
| | 2 – 7 | 1025 | 908,79 | 900 | 1,45 | 1 | $2{,}962*10^{-9}$ | 0,00000303 | 0,003 | 2,502 |
| | 7 – 8 | 1025 | 383,03 | 500 | 1,29 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | 0,00005928 | 0,023 | -8,697 |
| | 8 - 1 | 950 | 377,47 | 600 | 1,28 | 1 | $2{,}262*10^{-8}$ | 0,00002148 | 0,008 | -3,061 |
| | | | | | | | | сумма: | 0,036 | -6,687 |
| 2 | 2 - 3 | 1400 | 377,47 | 600 | 1,28 | 1 | $2{,}262*10^{-8}$ | 0,00003166 | 0,012 | 4,511 |
| | 2 – 7 | 1050 | 377,47 | 600 | 1,28 | 1 | $2{,}262*10^{-8}$ | 0,00002375 | 0,009 | -3,384 |
| | 7 – 4 | 1050 | 254,47 | 500 | 5 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | 0,00006073 | 0,015 | -3,933 |
| | 3 – 4 | 575 | 108,30 | 350 | 1,06 | 1 | $3{,}731*10^{-7}$ | 0,00021453 | 0,023 | 2,516 |
| | | | | | | | | сумма: | 0,060 | -0,289 |
| 3 | 8 – 7 | 1025 | 383,03 | 600 | 1,29 | 1 | $2{,}262*10^{-8}$ | 0,00002318 | 0,009 | 3,401 |
| | 8 – 9 | 1025 | 383,03 | 600 | 1,29 | 1 | $2{,}262*10^{-8}$ | 0,00002318 | 0,009 | -3,401 |
| | 9 – 10 | 1000 | 51,185 | 250 | 0,98 | 1,03 | $2{,}187*10^{-6}$ | 0,0022526 | 0,115 | 5,902 |
| | 10 – 7 | 1025 | 254,47 | 500 | 1,22 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | 0,00005928 | 0,015 | 3,839 |
| | | | | | | | | сумма: | 0,148 | 9,740 |
| 4 | 7 – 10 | 1025 | 254,47 | 500 | 1,22 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | 0,00005928 | 0,015 | -3,839 |
| | 7 – 4 | 1050 | 254,47 | 500 | 1,22 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | 0,00006073 | 0,015 | 3,933 |
| | 10 – 11 | 1175 | 51,185 | 250 | 0,98 | 1,03 | $2{,}187*10^{-6}$ | 0,0026468 | 0,135 | 6,934 |
| | 11 – 6 | 500 | 5,70 | 80 | 0,85 | 1,05 | $1{,}729*10^{-4}$ | 0,0907725 | 0,517 | 2,949 |
| | 6 - 4 | 575 | 204,81 | 500 | 0,99 | 1,03 | $5{,}784*10^{-8}$ | 0,00003425 | 0,007 | 1,437 |
| | | | | | | | | сумма: | 0,690 | 11,414 |

Таблица 1.20 – Случай пожара (Исправление 1)

| №кольца | №участка | Δq, л/с | Δq см, л/с | q, л/с | S·q | h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 – 2 | 91,864 | | 1000,654 | 0,003 | 3,114 |
| | 2 – 7 | 91,864 | -2,427 | 998,227 | 0,003 | 3,019 |
| | 7 – 8 | -91,864 | -32,875 | 258,291 | 0,015 | -3,955 |
| | 8 - 1 | -91,864 | | 285,606 | 0,006 | -1,752 |
| | | | | сумма: | 0,028 | 0,426 |
| 2 | 2 - 3 | | | 377,470 | 0,012 | 4,511 |
| | 2 – 7 | -2,427 | 91,864 | 466,907 | 0,011 | -5,178 |
| | 7 – 4 | -2,427 | -8,266 | 243,777 | 0,015 | -3,609 |
| | 3 – 4 | 2,427 | 2,588 | 113,315 | 0,024 | 2,755 |
| | | | | сумма: | 0,062 | -1,521 |
| 3 | 8 – 7 | -32,875 | -91,864 | 258,291 | 0,006 | 1,546 |
| | 8 – 9 | 32,875 | | 415,905 | 0,010 | -4,010 |
| | 9 – 10 | -32,875 | -39,428 | 21,118 | 0,048 | -1,005 |
| | 10 – 7 | -32,875 | 8,266 | 229,861 | 0,014 | 3,132 |
| | | | | сумма: | 0,077 | -0,336 |
| 4 | 7 – 10 | 8,266 | -32,875 | 229,861 | 0,014 | -3,132 |
| | 7 – 4 | -8,266 | -2,427 | 243,777 | 0,015 | 3,609 |
| | 10 – 11 | -8,266 | -39,428 | 3,491 | 0,009 | 0,032 |
| | 11 – 6 | -8,266 | | 2,566 | 0,233 | -0,598 |
| | 6 - 4 | -8,266 | 2,588 | 199,132 | 0,007 | 1,358 |
| | | | | сумма: | 0,277 | 1,270 |

$$\Delta q^1 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,426}{2 \cdot 0,028} = 7,729 \quad л/с, \tag{1.46}$$

$$\Delta q^2 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,521}{2 \cdot 0,062} = 12,235 \quad л/с, \tag{1.47}$$

$$\Delta q^3 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{0,336}{2 \cdot 0,077} = 2,181 \quad л/с, \tag{1.48}$$

$$\Delta q^4 = \frac{|\Delta h|}{2 \cdot \sum Sq} = \frac{1,270}{2 \cdot 0,277} = 2,288 \quad л/с \tag{1.49}$$

Таблица 1.21 – Случай пожара (Исправление 2)

| №кольца | №участка | Δq, л/с | Δq см, л/с | q, л/с | S·q | h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 – 2 | 0 | | 1000,654 | 0,003 | 3,114 |
| | 2 – 7 | -7,729 | -12,235 | 978,263 | 0,003 | 2,900 |
| | 7 – 8 | 0 | | 258,291 | 0,015 | -3,955 |
| | 8 - 1 | 0 | | 285,606 | 0,006 | -1,752 |
| | | | | сумма: | 0,028 | 0,307 |
| 2 | 2 - 3 | 12,235 | | 389,705 | 0,012 | 4,808 |
| | 2 – 7 | -12,235 | -7,729 | 446,943 | 0,011 | -4,744 |
| | 7 – 4 | -12,235 | -3,369 | 228,173 | 0,014 | -3,162 |
| | 3 – 4 | 12,235 | -0,037 | 125,513 | 0,027 | 3,380 |
| | | | | сумма: | 0,064 | 0,282 |
| 3 | 8 – 7 | 0 | | 258,291 | 0,006 | 1,546 |
| | 8 – 9 | 0 | | 415,905 | 0,010 | 4,010 |
| | 9 – 10 | -9,162 | 68,231 | 80,187 | 0,181 | -9,570 |
| | 10 – 7 | 9,162 | 3,369 | 242,392 | 0,014 | 3,483 |
| | | | | сумма: | 0,211 | -0,531 |
| 4 | 7 – 10 | 3,369 | 9,162 | 242,392 | 0,014 | 3,483 |
| | 7 – 4 | -3,369 | -12,235 | 228,173 | 0,014 | 3,162 |
| | 10 – 11 | -3,369 | -68,231 | 69,109 | 0,183 | -9,641 |
| | 11 – 6 | 3,369 | | 5,935 | 0,539 | 3,197 |
| | 6 - 4 | -3,369 | -0,037 | 195,726 | 0,007 | 0,132 |
| | | | | сумма: | 0,757 | 0,333 |

## 1.6 Гидравлический расчёт водоводов

Таблица 1.22 – Расчёт водоводов при максимальном водоразборе

| № кольца | Длина участка $\ell$, м | Предварительное распределение воды | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $q$, л/с | $d$, мм | $v$, м/с | $\sigma$ | $S_0$ | $S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$ | $S \cdot q$ | $h = S \cdot q^2$ |
| НС-1 | 1625 | 1025,7 | 1000 | 1,31 | 1 | $1{,}699*10^{-9}$ | $2{,}761*10^{-6}$ | $2{,}83*10^{-3}$ | 2,9 |
| ВБ-12 | 600 | 197,4 | 400 | 1,48 | 1 | $1{,}907*10^{-7}$ | $1{,}144*10^{-4}$ | 0,022 | 4,45 |

Таблица 1.23 – Расчёт водоводов при пожаре

| № кольца | Длина участка $\ell$, м | Предварительное распределение воды | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $q$, л/с | $d$, мм | $v$, м/с | $\sigma$ | $S_0$ | $S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$ | $S \cdot q$ | $h = S \cdot q^2$ |
| НС-1 | 1625 | 1338,6 | 1000 | 1,59 | 1 | $1{,}699*10^{-9}$ | $2{,}761*10^{-6}$ | $3{,}7*10^{-3}$ | 4,95 |
| ВБ-12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Таблица 1.24 – Расчёт водоводов при максимальном транзите

| № кольца | Длина участка $\ell$, м | Предварительное распределение воды | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $q$, л/с | $d$, мм | $v$, м/с | $\sigma$ | $S_0$ | $S = S_0 \cdot \sigma \cdot \ell$ | $S \cdot q$ | $h = S \cdot q^2$ |
| НС-1 | 1625 | 769,3 | 700 | 1,54 | 1 | $1{,}098*10^{-8}$ | $1{,}7842*10^{-5}$ | 0,014 | 10,7 |
| 12-ВБ | 600 | 237,86 | 500 | 1,18 | 1 | $5{,}784*10^{-8}$ | $3{,}4704*10^{-5}$ | $8{,}25*10^{-3}$ | 1,96 |

# ГЛАВА 2

## Расчет и проектирование водозабора

## 2.1 Тип водозаборного сооружения подземных вод

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

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

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

Понижение уровня воды S рассчитываем по формуле

$$S = 0{,}2 \cdot m, \tag{2.1}$$

где m – мощность водоносного пласта, m = 35 м,

0,2 – безразмерный коэффициент, принимаемый из опытных данных.

$$S = 0{,}2 \cdot 35 = 7 \text{ м}.$$

Радиус влияния скважины принимаем, согласно [2], для суглинков R = 400 м.

По формуле Дюпюи определяем приток воды к скважине (дебит)

$$Q_{скв} = \frac{2{,}73 \cdot k_ф \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}, \tag{2.2}$$

где $k_ф$ – коэффициент фильтрации водоносного пласта, $k_ф$ = 25 м/с для суглинков;

m – мощность пласта, м;

S – понижение уровня воды в скважине при откачке, м;

R – радиус влияния депрессионной воронки, м;

r – радиус скважины, м. Принимаем $r = D_н/2 + 0{,}5 = 0{,}325/2 + 0{,}5 = 0{,}663$ м.

$$Q_{скв} = \frac{2{,}73 \cdot 25 \cdot 35 \cdot 7}{\lg \frac{100}{0{,}663}} = 7675{,}6 \text{ м}^3/\text{сут} = 319{,}82 \text{ м}^3/\text{ч} = 0{,}089 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Подсчитаем количество скважин по формуле

$$n = \frac{Q_{общ}}{Q_{скв}}, \quad (2.3)$$

где $Q_{общ}$ – общий расход, м$^3$/сут.

$$n = \frac{123045,68}{7675,6} = 16,1 \approx 17 \text{ скважин.}$$

По п. 5.13 [1] мы определяем количество резервных скважин: 10 % от общего расхода. Получаем:

$$n_{рез} = \frac{0,1 \cdot Q_{общ}}{Q_{скв}}, \quad (2.4)$$

$$n_{рез} = \frac{0,1 \cdot 123045,68}{7675,6} = 1,6 \approx 2 \text{ скважины.}$$

Диаметр фильтра, м, определяют по формуле

$$D_ф = \frac{Q_{max}}{\pi \cdot l_ф \cdot V_ф}, \quad (2.5)$$

где $Q_{мах}$ – подача насоса, м$^3$/сут;

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

$$l_ф = (0,5 - 0,8) \cdot m, \quad (2.6)$$

$$l_ф = 0,6 \cdot 35 = 21 \text{ м.}$$

$V_ф$ - скорость фильтрации, м$^3$/сут. Для дырчатых, щелевых, проволочных и сетчатых фильтров $V_ф$ определяется по формуле

$$V_ф = 65\sqrt[3]{k_ф}, \quad (2.7)$$

$$V_ф = 65\sqrt[3]{25} = 189,8 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$D_ф = \frac{375}{3,14 \cdot 21 \cdot 189,8} = 0,03 \text{ м} = 325 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр фильтра 225 мм.

Диаметр эксплуатационной колонны, мм, обсадных труб определяется по формуле

$$D_э = D_ф + 50, \quad (2.8)$$

$$D_э = 325 + 50 = 375 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр эксплуатационной колонны 375 мм.
Внутренний диаметр направляющей трубы, мм, равен

$$D_н = D_э + 100, \quad (2.9)$$

$$D_н = 375 + 100 = 475 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр направляющей трубы 475 мм.
Диаметр забоя определяется по формуле

$$D_з = \frac{D_ф}{з}, \quad (2.10)$$

$$D_з = \frac{325}{з} = 108{,}3 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр забоя 150 мм.

## 2.2 Обоснование выбора типа водозаборного сооружения

На основании технического задания и гидрогеологических данных выбран подземный водоисточник – подземное русло реки, тип водозаборного сооружения – инфильтрационный.

## 2.3 Подбор фильтра

Выбираем тип: фильтр-каркас гравитационно-щелевого типа.

Материал изготовления: кольцевые элементы из пластмасс (стеклопластика, волокнита, древесной пресс-крошки с аминопластом, декоррозита, полиэтилена), стержни, стяжные болты диаметром 10…18 мм из простой стали.

Особенности конструкции: скважность каркасов фильтра по наружному диаметру 50-70%, по внутреннему диаметру – 15-25%. Размер отверстий регулируется специальными вкладышами, установленными между кольцевыми элементами.

## 2.4 Расчет депрессионного влияния

Для забора из инфильтрационного источника большого объема воды применяют насосные станции собирающие воду по сифонной линии из нескольких скважин. Когда скважины таких водозаборов забирают воду одно-

временно из одного и того же водоносного пласта образуется депрессионная воронка которая быстро достегает уреза реки. С этого момента начинается привлечение речных вод в зону влияния водозабора.

Начинается с этого времени водоотбор обеспечивается за счет вод фильтрующихся в реке. С этого момента времени эксплуатация подземных вод происходит в условиях стационарного режима фильтрации.

Расстояние от реки до водозабора может быть оценено на основе балансового уравнения:

$$Q \cdot t = 2 \cdot \sigma \cdot n \cdot L_1 \cdot m \cdot \mu, \tag{2.11}$$

$$L_1 = \frac{Q \cdot t}{2 \cdot \sigma \cdot n \cdot m \cdot \mu}, \tag{2.12}$$

где $Q$ – расход водозабора, м/сут;

$\sigma$ – полрасстояния между соседними скважинами водозабора, м;

$n$ – число скважин;

$m$ – мощность водоносного горизонта, м;

$\mu$ – водоотдача водоносных пород;

$t$ – продолжительность жизни бактерий в анаэробных средах, сут.

$$L_1 = \frac{123045,68 \cdot 200}{2 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 35 \cdot 25} = 28{,}12 \text{ м.}$$

Для ряда скважин ограниченной длины, работающих рядом с контуром питания понижение уровня в его центре может быть определено по формуле Форхгеймера

$$S = \frac{Q_i}{2 \cdot \pi \cdot k_\phi \cdot m} \cdot (\ln \frac{\rho_0}{r_0} + \ln \frac{\rho_1}{r_1} + .... \ln \frac{\rho_n}{r_n} + \zeta), \tag{2.13}$$

где $Q_i$ – расход $i$-й скважины при условии равенства расходов во всех скважинах);

$r_1, r_2, \ldots r_n$ – расстояние от центральной скважины до 1, 2, ... $i$-й скважины водозабора;

$\rho_1, \rho_2, \ldots \rho_n$ – расстояние от центральной скважины до зеркальных отображений других скважин водозабора;

$\zeta$ – параметр несовершенства центральной скважины.

Для определения понижения уровня подземных вод в центральной части ряда протяженностью вдвое превышающей расстояние скважин до реки $(s \cdot n > L_1)$, целесообразно пользоваться формулой Маскета-Лейбензона

$$S = \frac{Q_0}{2 \cdot \pi \cdot k_\phi \cdot m} \cdot \left(\frac{\pi \cdot L_1}{\sigma} + \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot r_0} + \zeta\right) , \qquad (2.14)$$

где $Q_0$ – расход центральной скважины;

$L_1$ – расстояние от реки до водозабора;

$\sigma$ – половина расстояния между скважинами;

$k_\phi$ – коэффициент фильтрации водоносного пласта;

$r_0$ – радиус скважины;

$\zeta$ – параметр несовершенства скважины.

$$S = \frac{4000}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 25 \cdot 35} \cdot \left(\frac{3{,}14 \cdot 28{,}12}{50} + \ln \frac{50}{3{,}14 \cdot 0{,}663} + 0{,}83\right) = 1{,}28 \text{ м}.$$

## 2.5 Устройство устья подземного источника

Так как скважины и сифонная линия расположены ниже уровня промерзания земли то дополнительных средств защиты от замерзания не требуется.

Для предотвращения колебаний уровня воды в насосных станциях первого подъема предусматриваем аккумулирующий кессон.

# ГЛАВА 3

## Расчет и проектирование насосных станций

## 3.1 Насосная станция I подъема

Насосные станции систем водоснабжения представляет собой сложный комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающих подачу воды в соответствии с нуждами потребителя. Состав сооружений, их конструктивные особенности, тип и число основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования водных ресурсов и природы с учетом назначения насосной станции и предъявляемых к ней технологических требований.

По своему назначению и расположению в общей схеме водоснабжения насосные станции подразделяются на станции 1–го подъема, 2–го подъема, повысительные и циркуляционные.

Насосные станции 1–го подъема забирают воду из источника водоснабжения и подают её на водоочистные сооружения или, если не требуется очистка воды, непосредственно в резервуары, распределительную сеть, водонапорную башню, либо другие сооружения.

Наряду с обеспечением требуемого напора и подачи при сооружении насосных станций, необходимо при наименьших затратах на строительство и эксплуатацию обеспечивать: требуемую степень надежности и, следовательно, определенную степень бесперебойности работы; долговечность, соответствующую хозяйственному значению объектов, в состав которых они входят; достаточные удобства эксплуатации и широкое применение автоматики и телемеханики.

При строительстве насосных станций не следует допускать излишеств в составе и размерах сооружений, кубатуре зданий, основном и вспомогательном оборудовании, объемах временного строительства, архитектурном оформлении и т. п.

Необходимо наиболее полно использовать стандартные изделия и местные строительные материалы. Строительство должно быть выполнено в наиболее короткие сроки при возможно меньшей стоимости, максимальной механизации строительного процесса, применение совершенного строительного оборудования и передовых методов труда, а также при сокращении трудоемкости работ. Ущерб, который может быть причинен при возведении сооружений насосной станции вследствие затопления и подтопления территории, заиление и размывание русла, переформирование берегов, изменение ледового режима и нарушение биологического баланса, следует сводить до минимума.

В заключении необходимо особо отметить, что состав сооружений и оборудования, равно как и вся схема водоснабжения в целом, должны соответствовать условиям будущей эксплуатации при непрерывно изменяющихся размерах и режиме водопотребления в данном районе на основе плана развития народного хозяйства.

Запроектирована насосная станция I подъема совмещенного типа, которая входит в состав сооружений крупного водозабора береговой типа, предназначенного для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения города и завода.

### 3.1.1 Определение требуемого напора насосов

Требуемый напор насосов НС-I при подаче воды на очистные сооружения определяется по формуле (3.1):

$$H = H_{Г} + h_{wвв.л} + h_{wн.л} + 1\text{м}, \qquad (3.1)$$

где $H_г$ – геометрическая высота подъема воды (разность отметок уровней воды в РЧВ), м;

$h_{wвс.л}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе, принимаем -1,5м;

$h_{wн.л}$ – потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от насосной станции до РЧВ, принимаем 2,0м;

1,0 – запас напора, м.

Геометрическая высота подъема определяется как разность воды в РЧВ при полном его затоплении и самого низкого уровня воды во всасывающей камере кессона, по формулам:

$$H_{Г} = z_{о.с} - z_{вс.к} = 147{,}5 - 132{,}0 = 15{,}5\,\text{м}, \qquad (3.2)$$

где $z_{о.с.}$ – отметка уровня воды в РЧВ, м;

$z_{вс.к}$ – отметка наинизшего уровня воды во всасывающей камере кессона, м.

$$H = 15{,}5 + 1{,}5 + 2 + 1 = 20\,\text{м}.$$

Принимаем насос по [3] марки 400Д – 190Ф (2-3 раб., 3-4 рез.) со следующими техническими характеристиками:

– подача – 2000 м$^3$/ч; напор – 21 м;

– частота оборотов – 980 мин$^{-1}$;

– длина (глубина) – 1575 мм;

– ширина – 1200 мм;

– высота – 1160 мм;

– мощность двигателя –160 кВт.

### 3.2 Определение объема РЧВ

Расчет емкости бака РЧВ приведен в таблице 1.3

Таблица 3.1 – Расчет регулирующей емкости резервуара чистой воды

| Часы суток | Подача воды НС-I подъема, % | Подача воды НС-II подъема, % | Поступление воды в РЧВ, % | Расход воды из РЧВ, % | Остаток воды в РЧВ, % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0–1 | 4,16 | 3,35 | 0,81 | | 6,81 |
| 1–2 | 4,16 | 3,25 | 0,91 | | 6,91 |
| 2–3 | 4,16 | 3,30 | 0,86 | | 6,86 |
| 3–4 | 4,16 | 3,20 | 0,96 | | 6,96 |
| 4–5 | 4,16 | 3,25 | 0,91 | | 6,91 |
| 5–6 | 4,17 | 3,40 | 0,77 | | 6,77 |
| 6–7 | 4,17 | 3,85 | 0,32 | | 6,32 |
| 7–8 | 4,17 | 4,45 | | -0,28 | 5,72 |
| 8–9 | 4,17 | 5,20 | | -1,03 | 4,97 |
| 9–10 | 4,17 | 5,05 | | -0,88 | 5,12 |
| 10–11 | 4,17 | 4,85 | | -0,68 | 5,32 |
| 11–12 | 4,17 | 4,60 | | -0,43 | 5,57 |
| 12–13 | 4,17 | 4,60 | | -0,43 | 5,57 |
| 13–14 | 4,17 | 4,55 | | -0,38 | 5,62 |
| 14–15 | 4,17 | 4,75 | | -0,58 | 5,42 |
| 15–16 | 4,17 | 4,70 | | -0,53 | 5,47 |
| 16–17 | 4,17 | 4,65 | | -0,48 | 5,52 |
| 17–18 | 4,17 | 4,35 | | -0,18 | 5,82 |
| 18–19 | 4,17 | 4,40 | | -0,23 | 5,77 |
| 19–20 | 4,17 | 4,30 | | -0,13 | 5,87 |
| 20–21 | 4,17 | 4,30 | | -0,13 | 5,87 |
| 21–22 | 4,16 | 4,20 | | -0,04 | 5,96 |
| 22–23 | 4,16 | 3,75 | 0,41 | | 6,41 |
| 23–24 | 4,16 | 3,70 | 0,46 | | 6,46 |
| Итого | 100 | 100 | 6,41 | -6,41 | |

Полный объем резервуаров чистой воды, $W_{РЧВ}$, м$^3$, определяется по формуле

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{соб.н} + W_{пож}\ , \qquad (3.3)$$

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

$W_{пож}$ – неприкосновенный запас воды на тушение пожара 540 м$^3$;

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

Объем регулирующей емкости резервуара составляет 6,96% суточного расхода воды:

$$W_{рег} = \frac{12{,}96 \cdot 123045{,}68}{100} = 8364\ \text{м}^3 \qquad (3.4)$$

Объем регулирующей емкости резервуара на собственные нужды станции составляет 3% от $Q_{сут.макс}$:

$$W_{соб.н} = 0{,}08 \cdot Q_{сут.макс} = 0{,}03 \cdot 123045{,}68 = 3591{,}4\ \text{м}^3 \qquad (3.5)$$

Полный объем резервуаров чистой воды:

$$W_{РЧВ} = 8364 + 0{,}540 + 3291{,}4 = 11{,}955{,}94\text{м}^3 \qquad (3.6)$$

Принимаю 2 резервуара объемом по 6000 м$^3$ . Размеры типового резервуара – 15×24×4,8 м.

### 3.2.1 Определение уровней воды в РЧВ

Для хранения рассчитанного объема воды принимаю прямоугольные железобетонные резервуары. Полный объем РЧВ составляет $W_Р$ = 12000 м$^3$.

Число резервуаров $N_р$ выбираются в зависимости от величины

аккумулированного объема и в количестве не менее двух. Принимаю 2 РЧВ, объемом $W_Р$ = 6000 м$^3$ каждый. Размеры резервуара определяют исходя из размеров сборных унифицированных конструкций заводского изготовления.

Принимаем резервуар длиной L = 40 м, шириной B = 30 м и высотой H = 5 м.

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

$$h_{\max} = W\ / N \cdot F_P = 12000 / 2 \cdot 1200 = 5м \qquad (3.7)$$

$$h_П = W_П / N \cdot F_P = 540 / 2 \cdot 1200 = 0{,}25м \qquad (3.8)$$

где $W_п$ - неприкосновенный противопожарный объем, $м^3$;

W- полный объем РЧВ, $м^3$;

N – количество резервуаров;

$F_р$ – площадь одного РЧВ.

### 3.3 Насосная станция II подъема

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

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

#### 3.3.1 Определение требуемого напора насосов

Насосы – гидравлические машины, предназначенные для перекачивания жидкостей. Преобразуя механическую энергию движущейся жидкости, насосы поднимают жидкость на определенную высоту, перемещают ее на необходимое расстояние в горизонтальной плоскости или заставляют циркулировать в какой-либо замкнутой системе.

Расчетные расходы всасывающих и напорных линий определили из условия одинакового распределения подаваемой воды по трубопроводам:

– для всасывающего трубопровода:

$$Q_{р.вс} = Q_{нс}/3600(n_{вс} – 1)\ м^3/с\ ; \quad (3.9)$$

$$Q_{р.вс=}\ 2000/3600 \cdot 1 = 0{,}56\ м^3/с.$$

– для напорного трубопровода:

$$Q_{р.н} = Q_{нс}/3600 \cdot n_н\ м^3/с\ ; \quad (3.10)$$

$$Q_{р.н=}\ 544{,}94/3600 \cdot 2 = 0{,}28\ м^3/с.$$

где $n_{вс}$ и $n_н$ – соответственно число всасывающих и напорных линий.

Количество напорных водоводов, в зависимости от категории надежности, следует определять по СНиПу с учётом снижения или прекращения подачи воды потребителю в аварийной ситуации, т.е. на пропуск воды по оставшимся в работе водоводам. Уточнение количества

водоводов производится путём расчётов на пропуск требуемого расхода, но в любом случае число напорных водоводов принимается не менее двух ($n_н = 2$).

Число всасывающих трубопроводов $n_{вс.}$ соответствует числу рабочих насосов. Для всасывающих трубопроводов рекомендуется принимать стальные трубы.

– диаметр для всасывающего трубопровода:

$$D_{вс} = [(4Q_{р.вс})/(\pi\upsilon_{вс})]^{1/2} \quad (3.11)$$

$$D_{вс}=[(4\cdot0,56)/(3,14\cdot1)]^{1/2}=0,84м,$$

– диаметр для напорного трубопровода:

$$D_н = [(4Q_{р.н})/(\pi\upsilon_н)^{1/2}= [(4\cdot0,28)/(3,14\cdot2)]^{1/2}=0,422м, \quad (3.12)$$

где $\upsilon_{вс}$ и $\upsilon_н$ – скорости движения воды в трубопроводах насосных станций, м/с (предварительное значение скоростей на всасывающих и напорных трубопроводах приняли равными: $\upsilon_{вс} = 1,0$ м/с, $\upsilon_н = 2,0$ м/с).

Принимаем $D_{вс}$=800мм и $D_н$=400мм.

Полный рабочий напор насоса:

$$H_н = H_г + h_{w.вс} + h_{w.н} = 4,65+1,5+12,37\approx 8,52м, \quad (3.13)$$

где $H_Г$ – геометрическая высота подъема воды, м; $h_{w.вс}$ – потери напора на всасывающем трубопроводе, м; $h_{w.н}$ – потери напора в напорном водоводе от насосной станции до наивысшей точки, м.

Геометрическая высота подъема воды:

$$H_Г = H_Z = 4,65 \text{ м}, \quad (3.14)$$

где $H_Z$ – разность отметок поверхности земли у диктующей точки $Z_{д.т.}$и расчетного (пожарного) уровня в резервуаре чистой воды $Z_{П\,РЧВ}$ м.:

$$H_Z = Z_{д.т.} - Z_П \text{ м}, \quad (3.15)$$

$$H_Z =204,02 – 148,98 =55,04 \text{ м}.$$

Потери напора:

- на всасывающем трубопроводе:

$$h_{w.вс} = S_{0.вс}L_{вс}Q^2_{р.вс} + h_{k.вс} = 5,514\cdot10^{-9}\cdot30\cdot0,3^2+1,5 \approx 1,5м, \quad (3.16)$$

$$h_{w.н.л} = h_{w.y.} + h_{k.н.} \quad (3.17)$$

$H_{w.h.л}$=10,37+2=12,37 м.

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

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

$$h_{w.y.} = 2,25+4,28+3,84=10,37 \text{ м.} \quad (3.18)$$

Полная высота подъема насосов определяется по формуле

$$H_{п} = H_{н} + H_{св}, \text{ м} \quad (3.19)$$

$H_{п}$= 55,04+42 = 97,04м

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

$$H_{СВ} = 4 \cdot (n-1) + 10 = 4 \cdot (9-1) + 10 = 42 \text{ м} \quad (3.20)$$

### 3.3.2 Подбор насосов

Насосы в насосной станции II подъема, как правило, работают совместно, в параллельном режиме подачи воды в водовод, т.е. несколько насосов подают воду в одну систему. Подбор марки насосов производится по требуемым подаче $Q_H$ = 5081 м$^3$/ч и напору $H_H$ = 84,42 м. По сводному графику рабочих зон насосов предварительно намечается марка насосов. Окончательный выбор производится по рабочим характеристикам насосов:

Принимаем 6 насосов марки Д 1250 – 125 и 2 насоса 14Д6 – 4 со следующими техническими характеристиками:

– подача – 5081 м$^3$/ч; напор – 100 м;

– частота оборотов – 1500 мин$^{-1}$;

– мощность электродвигателя – 630 кВт;

– габариты LxBxH – 1378x1050x1005 мм.

# ГЛАВА 4

## Расчет и проект станции водоподготовки

### 4.1 Подбор доз реагентов

Качество воды, забираемой из источника, не соответствует качеству питьевой воды по следующим показателям:

мутность – 0,25 мг/л, требуемое содержание 1,5 мг/л,

цветность – 2,49 град, требуемый показатель – 20 град

водородный показатель 7,4ед. pH

Содержание железа 0,316 мл/л, требуемое содержание 0,3 мг/л

Поэтому вода, перед подачей потребителю, проходит обезжелезевание и обеззараживание. Для обработки воды принимаем следующую технологическую схему: фильтрование через напорный фильтр и обеззараживание.

### 4.2 Напорный фильтр

Назначение и область применения. Напорные грубодисперсные фильтры применяют при частичном осветлении воды, используемой для технических целей.

Напорный фильтр представляет собой закрытый стальной резервуар (вертикальный или горизонтальный), рассчитанный на внутренне давление до 6 атм. В ряде случаев это позволяет подавать профильтрованную воду в разводящую сеть труб с достаточным напором.

Продолжительность фильтроцикла в напорном фильтре обусловливается предельной потерей напора в фильтрующей загрузке и дренаже до 15 м вод ст. Кроме дренажной системы для отвода фильтрованной воды и распределения воды при промывке устраивается распределительная система, по которой подается сжатый воздух. Если конструкция дренажа позволяет равномерное распределение сжатого воздуха, отдельную воздушную распределительную систему можно не предусматривать. Дренаж представляет собой коллектор, проходящий по оси поперечного сечения фильтра, с ответвлениями 250-50 мм.

В напорных фильтрах применяются специальные дренажные колпачки, через щели которых проходит вода, но не пропускаются зерна фильтрующей загрузки. На трубчатых ответвлениях прикручиваются ниппели диаметром 13см. расстояния между ниппелями должны быть равны расстояниям между ответвлениями. На ниппели навинчиваются дренажные щелевые колпачки. На наружной поверхности колпачка ВТИ-5 делаются 24 щели шириной 0,3-0,5 мм, что позволяет применять дренаж без поддерживающих слоев.

Подача воды на напорный фильтр и отвод промывной воды осуществляется через воронку, обращенной широким концом кверху, либо по кольцевой дырчатой трубе.

На станциях большой производительности целесообразно устанавливать горизонтальные напорные фильтры, так как при том же диаметре ввиду увеличения длины цилиндрического корпуса они могут дать более значительную площадь фильтрования.

Устройство фильтра. Напорные фильтры применяют без гравийных подстилающих слоев, с трубчатым дренажем. Кроме дренажной системы для отвода фильтрованной воды и распределение воды при промывке устраивается распределительная система, по которой подается воздух.

Дренаж представляет собой коллектор, проходящий по оси поперечного сечения фильтра с ответвлениями 250-350 мм. В напорных фильтрах применяются специальные дренажные колпачки, через щели которых проходит вода, но не проходят зерна песчаной загрузки.

На трубчатых ответвлениях привариваются ниппели диаметром 13 мм. Расстояниями между ниппелями должны быть равны расстояниям между ответвлениями. На ниппели навинчиваются дренажные щелевые колпачки.

Подача воды на напорный фильтр и отвод промывной воды осуществляется либо через воронку. Обращенную широким концом кверху, либо по кольцевой трубчатой трубе.

Данные о напорных фильтрах даны в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Данные о напорных фильтрах

| Материал загрузки | Крупность зерен загрузки в мм | Коэффициент неоднородности | Скорость фильтрования м/ч | Интенсивность промывки л/сек·м$^2$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Водяной | Воздушный |
| Песок кварцевый | 0,8-1,8 | 1,8 | 10-12 | 6-8 | 15-20 |
| Песок кварцевый | 1,5-2,5 | 2 | 13-15 | 6-8 | 18-25 |
| Антрацит | 0,8-1,8 | 1,8 | 10-12 | 6-8 | 13-15 |
| Антрацит | 1,5-2,5 | 2 | 13-15 | 6-8 | 16-20 |

Основные размеры фильтров с антрационной загрузкой сведены в таблице 4.2

Таблице 4.2 - Основные размеры напорных фильтров с антрацитной загрузкой

| Диаметр фильтра в мм | Высота слоя загрузки ,мм | Размеры фильтра по высоте в мм | | | Размеры фильтра в плане в мм | | | Диаметры основных трубопроводов | | | Вес в т | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | | 1 | 2 | | 1 | 2 | Без арматуры | Нагрузочный |
| 1000 | 1000 | 2675 | 492 | 192 | 212 | 583 | 680 | 80 | 50 | 50 | 0,92 | 4 |
| 1500 | 1000 | 2962 | 643 | 193 | 860 | 602 | 955 | 125 | 80 | 50 | 1,48 | 8,5 |
| 2000 | 1000 | 3235 | 728 | 236 | 885 | 685 | 1170 | 150 | 80 | 80 | 2,22 | 15 |
| 2600 | 1000 | 3512 | 820 | 220 | 1400 | 808 | 1500 | 200 | 100 | 100 | 3,94 | 28 |
| 3000 | 1000 | 3745 | 850 | 290 | 1706 | 690 | 1730 | 250 | 125 | 100 | 5,12 | 37 |
| 3400 | 1000 | 3870 | 850 | 250 | 1700 | 982 | 1930 | 250 | 125 | 100 | 6,64 | 50 |

Принцип работы фильтра. Через входной патрубок вода поступает внутрь корпуса фильтра, заполняет его и начинает просачиваться сквозь фильтрующую загрузку. Все нерастворимые частицы размером, превышающим размер пор фильтроэлементов, задерживаются на внешней поверхности, а очищенная таким образом вода, проходя в специальные отверстия в верхней части фильтра, через выходной патрубок поступает в трубопровод ведущий на ионитовую установку. По мере засорения, загрузка фильтра подлежит промывке обратным током воды. Промывка может осуществляться в автоматическом режиме.

Фильтрующая загрузка. В зависимости от качества исходной воды применяется широкий ряд фильтрующих материалов как однородных, так и мультимедийных.

Антрацит – природный угольный фильтрующий материал, обладающий рядом преимуществ по сравнению с другими фильтрующими загрузками, которые обычно используются для удаления взвешенных частиц. Так, разнородность его состава позволяет взвешенным частицам приникать глубже в слой фильтрующей загрузки, что обеспечивает более длительную работу в режиме фильтрации и снижает потери напора. Скорость потока и расход воды для обратной промывки также снижаются.

Ввиду низкой плотности Антрацит часто используется в мультимедийных фильтрах. Легкие частицы Антрацита обеспечивают его расположение над более тяжелыми загрузками (например, кварцевым песком или марганцевым зеленым песком), обеспечивая тем самым предварительную фильтрацию.

На рисунке 4.1 изображен фильтр напорный механический.

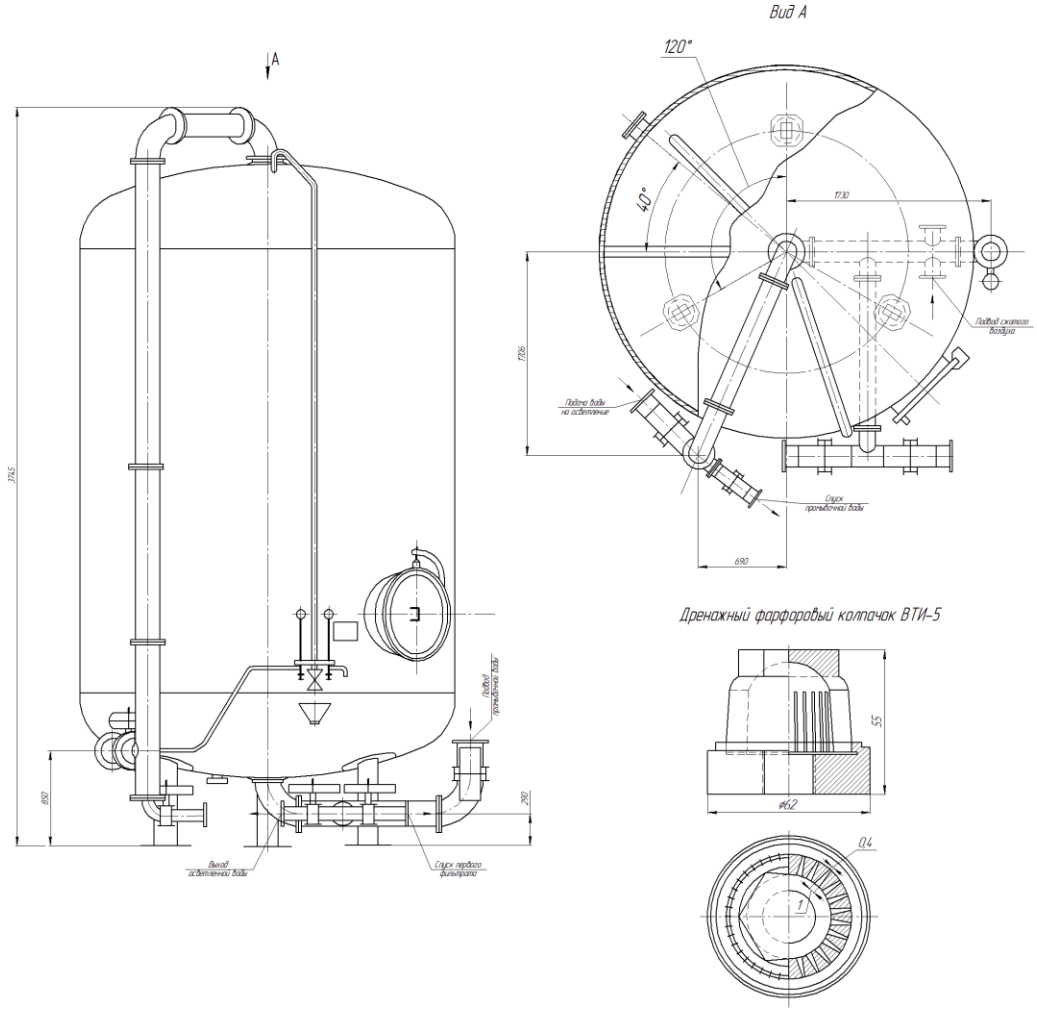



Рисунок 4.1 – Фильтр напорный механический

### 4.3 Расчет напорного фильтра

Расчет напорных фильтров выполняется исходя из производительности, учитывающей расход очищаемой воды и времени работы фильтра

Площадь напорного фильтра определяется по формуле 4.1:

$$F = \frac{Q}{T \cdot V\text{-}3{,}6 \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n \cdot t_4 \cdot V}, \qquad (4.1)$$

где $Q_{сут}$- производительность фильтра в сутки, $м^3$/ сутки;

T- продолжительность работы станции в течении суток, ч;

v- расчетная скорость фильтрования, м/ч,

$w_1$ и $t_1$- интенсивность, л/сек·$м^2$ и продолжительность, ч первоначального взрыхления фильтрующей загрузки;

$w_2$ и $t_2$- интенсивность подачи воды, л/сек·$м^2$ и продолжительность, ч воздушной промывки;

$w_3$ и $t_3$- интенсивность, л/сек·$м^2$ и продолжительность отмывки, ч ;

$t_4$-время простоя фильтра из-за промывки в ч.

$$F = \frac{123045.68}{24 \cdot 10 - 3{,}6 \cdot (8 \cdot 0{,}017 + 4 \cdot 0{,}083 + 8 \cdot 0{,}034) - 2 \cdot 0{,}33 \cdot 10} = 595\,м^2.$$

Расчет количества напорных фильтров определяется по формуле 4.2. Исходя из площади одного фильтра:

$$f = \frac{\pi D}{4}, \qquad (4.2)$$

где D – диаметр поперечного сечения фильтра;

f – площадь засыпки фильтра.

$$f = \frac{3{,}14}{4} \cdot 3000 = 23{,}5\,м.$$

Количество напорных фильтров определим по формуле

$$N = \frac{F}{f}, \qquad (4.3)$$

где F – площадь напорного фильтра;

$$N = \frac{595}{23{,}5} = 25{,}3\,шт.$$

Принимаем сеть рабочих фильтров из 26 рабочих и 4 резервного.

Напорный вертикальный фильтр имеет D=3м. Площадь песчаной загрузки фильтра f=7,1 м$^2$.Интенсивность промывки W=8 л/сек·м$^2$.

Общий расход воды на промывку одного фильтра:

$$q_{пр} = f \cdot W, \qquad (4.4)$$

$$q_{пр} = 7{,}1 \cdot 8 = 56{,}8\,л/сек = 0{,}57м^3/сек.$$

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

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

$$N = \frac{3}{12} = 0{,}25\text{м}.$$

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

$$\sum \text{щ} = 0{,}008 \cdot \frac{\pi D}{4}, \qquad (4.5)$$

$$\sum \text{щ} = 0{,}008 \cdot 0{,}785 \cdot 3 \cdot 3 = 0{,}056\ \text{м}^2.$$

Площадь щелей на каждом колпачке ВТИ-5 составляет $f_{щ}$=192 мм$^2$=0,000192м$^2$.

Общее число колпачков на ответвлениях распределительной системы

$$n = \frac{\sum \text{щ}}{f_{щ}}, \qquad (4.6)$$

$$n = \frac{0{,}056}{0{,}000192} = 290\ \text{шт.}$$

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

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

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

Среднее расстояние между дренажными колпачками определим по формуле

$$e = \frac{L}{n}, \qquad (4.7)$$

$$e = \frac{27{,}24}{290} = 950\ \text{мм}.$$

На наиболее длинных ответвлениях (в центре фильтра) l=1,38м устанавливается по 15 колпачков, а на наиболее коротких ответвлениях l=0,71 м-8 колпачков.

Количество колпачков на 1 м$^2$ фильтра составляет:

$$n_к = \frac{e}{l}, \quad (4.8)$$

где $n_к$ – количество колпачков.

$$n_к = \frac{290}{7,1} = 41 шт.$$

Количество промывной воды, приходящейся на один колпачок:

$$Q_{колп} = \frac{0,057}{290} = 0,002 м^3/сек.$$

Скорость прохода промывной воды сквозь щели колпачка определяется по формуле 4:

$$V_щ = \frac{Q_{колп}}{f_щ}, \quad (4.9)$$

где $V_щ$ - скорость прохода промывочной воды сквозь щели колпачка

$$V_щ = \frac{0,0002}{0,000192} = 1,05 м/сек.$$

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

$$q_{дотв} = n \cdot Q_{колп}, \quad (4.10)$$

$$q_{дотв} = 15 \cdot 0,0002 = 0,03 м^3$$

При допустимой скорости v=1,8-2м/сек диаметр ответвления будет 50 мм, что отвечает скорости $v_{д\ отв}$=1,41 м/сек.

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

$$H = \frac{V_щ^2}{2gm^2}, \quad (4.11)$$

где Vщ- скорость движения воды в щелях колпачка;

m- коэффициент расхода, равный 0,5.

Так как $V_{щ}$=1,05 м/сек, то

$$H = \frac{0,5^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,5^2} = 0,225 м$$

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

$$\sum h = 15 \cdot H, \qquad (4.12)$$

$$\sum h = 15 \cdot 0,225 = 3,38 м.$$

Режим промывки напорных фильтров следующий: взрыхление загрузки (с интенсивностью 6-8 л/сек×м2) 1 мин, воздушная промывка 3-4 л/сек×м2воды и 20-25 л/сек×м2 воздуха) 5 мин, отмывка водой (6-8 л/сек×м2) 2мин.

Отвод промывной воды с напорного фильтра производиться при помощи водосборной колонки ; диаметр воронки должен быть $d_в$=(0.2-0,25) D (где D – диаметр фильтра). Принимаем $d_в$=600мм.

Степень очистки механического блока фильтров дана в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Степень очистки механического блока фильтров

| Наименование | Процент очистки | Исходная вода, мг/л | После механической очистки, мг/л | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | I Фильтр | II фильтр | III фильтр | IV фильтр |
| Окисленное железо | 93% | 0.436 | 0,034 | 0,0076 | 0,0013 | 0,0001 |
| Мутность | | 0,25 | 0,021 | 0,012 | 0,0009 | 0,0001 |
| Цветность | | 2,49 | 0,987 | 0,284 | 0,069 | 0,0043 |
| ИТОГ | | 3,166 | 1,042 | 0,3036 | 0,0712 | 0,0045 |

# ГЛАВА 5

## Оценка воздействия на окружающую среду проектируемого водозабора

## 5.1 Оценка воздействия систем водоснабжения из подземного источника на окружающую природную среду

### 5.1.1 Характеристика проектируемого объекта

В дипломном проекте разработана система водоснабжения района города численностью 310618 человек.

Жилые дома оборудованы внутренним водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением.

На территории района города расположено промышленное предприятие.

### 5.1.2 Характеристика источника водоснабжения

Река имеет следующие характеристики:

- Минимальный расход 95% обеспеченности 2864 $м^3/с$.
- Средняя скорость течения реки 0,86 м/с.
- Русло и берега устойчивые с сезонными деформациями не более + - 0,3м.
- Льдообразование нет.

Данные по качеству воды источника приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Нормативные требования к качеству питьевой воды по микробиологическим, паразитологическим и органолептическим показателям лист 1

| Показатели | Единицы измерения | Качество воды в реке | Нормативы |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| микробиологические и паразитологические показатели | | | |
| Термотолерантные колиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл | Отсутствие | Отсутствие |
| Общие колиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл | Отсутствие | Отсутствие |
| Общее микробное число | Число образующих колонии бактерий в 1 мл | 2 | Не более 50 |
| Колифаги | Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл | Отсутствие | Отсутствие |
| Споры сульфитредуцирующих клостридий | Число спор в 20 мл | Отсутствие | Отсутствие |
| Цисты лямблий | Число цист в 50 л | Отсутствие | Отсутствие |

Таблица 5.3 – окончание

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| органолептические показатели | | | |
| Запах | баллы | Отсутствие | 2 |
| Привкус | -"- | Отсутствие | 2 |
| Цветность | градусы | 2,49 | 20 |
| Мутность | мг/л (по каолину) | 0,25 | 1,5 |
| Радиологические показатели | | | |
| Общая α-радиоактивность | Бк/л | 0,05 | 0,2 |
| Общая β-радиоактивность | Бк/л | 0,5 | 1,0 |

Водный объект может быть использован в качестве источника хозяйственно-питьевого назначения, после обезжелезивания и обеззараживания, что достигается обработкой воды в напорных фильтрах, обеззараживанием жидким хлором.

### 5.2 Технологическая схема водоподготовки

Схема водоподготовки включает следующие процессы: обезжелезивания и обеззараживание.

Для обезжелезивания предусмотрено пропуск воды через напорный фильтр, обеззараживание – жидкий хлор с дозой 0,4 мг/л (по активной части).

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

В результате водоподготовки происходит воздействие на водный объект за счет изъятия воды.

Изъятие воды приводит к изменению пропуска воды, скорости потока и другим гидрологическим показаниям водотока.

В результате технологического процесса образуются:

– жидкие отходы (промывные воды);

#### 5.3.1 Количественная оценка антропогенного воздействия

Требуемая производительность водозаборных сооружений определена по удельным нормативам водопотребления с учетом степени благоустройства населенного пункта и в соответствии с техническим заданием по водопотреблению промышленного предприятия и составляет 123045,68 м$^3$/сут, 5126,9 м$^3$/ч (1,424м$^3$/с).

### 5.3.2 Оценка гидравлической нагрузки на водный объект водозабором

Допустимая гидравлическая нагрузка на водный объект (до 20-25 %) состоит в обеспечении санитарного пропуска воды после забора, который не должен быть менее 75 %.

Величина фактического санитарного пропуска

$$P_{гид} = (Q_р – Q_в)/ Q_р \cdot 100\ \%, \qquad (5.1)$$

где $Q_р$ – минимальный среднемесячный расход речной воды, м$^3$/с;

$Q_в$ – производительность водозаборных сооружений, м$^3$/с.

$P_{гид.}$ = (2864 – 1,424)/2864 · 100 % = 99,95%.

Вывод: гидравлическая нагрузка на водный объект составляет менее 0,1 % и не превышает допустимых норм по санитарному пропуску воды (20-25%).

### 5.3.3 Количество жидких отходов

Жидкие отходы – промывные воды после промывки фильтров. Количество промывных вод принято по технологическим расчетам дипломного проекта (глава 4) и составляет 6912 м$^3$/сут. = 288 м$^3$/ч.

В проекте предусмотрена система очистки, обеззараживания и повторного использования промывных вод, что исключает воздействие системы водоподготовки на поверхностные и подземные воды.

В целях сокращения расхода воды на собственные нужды станции очистки и подготовки воды предусмотрено повторное использование воды после промывки фильтров. Для этого запроектированы сооружения по обороту промывных вод.

## 5.4 Проектирование водоохраной зоны водного объекта

Водоохранная зона установлена согласно [21, 22].

Водоохранной зоной являются территории, которые примыкают к береговой линии реки и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира.

В границах водоохранных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности.

Ширина водоохранной зоны реки и ширина её прибрежной защитной полосы за пределами территории города устанавливается от соответствующей береговой линии.

Ширина водоохранной зоны рек устанавливается от их истока: 200 километров - в размере двухсот метров.

Ширина прибрежной защитной полосы установлена в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет 50 метров для уклона более трех градусов.

В границах водоохранных зон запрещаются:

1) использование сточных вод для удобрения почв;

2) размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, радиоактивных, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ;

3) осуществление авиационных мер по борьбе с вредителями и болезнями растений;

4) движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие.

В границах водоохранных зон допускаются проектирование, размещение, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию и эксплуатация хозяйственных и иных объектов при условии оборудования таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения и истощения вод в соответствии с водным законодательством и законодательством в области охраны окружающей среды.

В границах прибрежных защитных полос наряду запрещаются:

1) распашка земель;

2) размещение отвалов размываемых грунтов;

3) выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн.

Закрепление на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос специальными информационными знаками осуществляется в соответствии с земельным законодательством.

### 5.5 Проектирование зон санитарной охраны

Для обеспечения санитарно эпидемиологической надежности системы водоснабжения запроектированы зоны санитарной охраны [23]:

– источника хозяйственно-питьевого назначения.

– водопроводных сооружений

– водопроводов

Зоны санитарной охраны источника водоснабжения в месте забора воды запроектированы из трех поясов: первого – строгого режима, второго и третьего – режимов ограничения.

### 5.5.1 Первый пояс зоны санитарной охраны источника

Первый пояс ЗСО скважин представляет собой окружность радиусом 30-50 м, центр которой находится в точке расположения источника водоснабжения. Если таких источников несколько (несколько скважин), то следует выделять несколько окружностей с центром в каждой из скважин. Размер пояса строгого режима охраны может быть сокращен государственным органом санитарно-эпидемиологического надзора.

– Принимаем первый пояс равный – 30 м вокруг водозабора от крайних скважин.

На территории первого пояса зоны запрещены:

– Все виды строительства, за исключением реконструкции или расширения основных водопроводных сооружений

– Размещение жилых и общественных зданий, проживание людей, в том числе работающих на водопроводе

– Прокладка трубопроводов различного назначения, за исключением трубопроводов обслуживающих водопроводные сооружения

– Выпуск в источник водоснабжения сточных вод, купание и выпас скота, стирка белья и рыбная ловля, применения для растений удобрений и ядохимикатов.

Все здания канализованы. Предусмотрен отвод поверхностных вод за пределы первого пояса. Допускается только санитарная рубка леса.

Территория первого пояса санитарной охраны ограждена и озеленена. Запроектирована сторожевая сигнализация. Границы акватории первой зоны санитарной охраны обозначены предупредительными наземными знаками и буями

### 5.5.2 Второй пояс санитарной охраны источника

Расчет границ второго пояса основан на методике НИИ ВОДГЕО. расчетное время Тм (время продвижения микробного заражения) принимаем равное 200 суток, т.к. водоносный горизонт на площадке водозабора напорный, неограниченный пласт и не имеет непосредственной связи с водоемом.

$$R_2 = \sqrt{\frac{Q \cdot T_м}{\pi \cdot m \cdot n}}, \qquad (5.2)$$

где Q – дебит водозабора;

$T_{м.}$ – время распространения микробного заражения;

$m$ – мощность водоносного пласта;

$n$ – активная пористость.

$$R_2 = \sqrt{\frac{123045{,}68 \cdot 400}{3{,}14 \cdot 35 \cdot 0{,}38}} = 1085{,}6 м = 1{,}085 \text{ км}.$$

Мероприятия по второму поясу санитарной охраны.

- Выявление, тампонирование или восстановление всех старых, бездействующих, дефектных или неправильно эксплуатируемых скважин, представляющих опасность в части возможности загрязнения водоносных горизонтов.

- Бурение новых скважин и новое строительство, связанное с нарушением почвенного покрова, производится при обязательном согласовании с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора, органами и учреждениями экологического и геологического контроля.

- Запрещение закачки отработанных вод в подземные горизонты, подземного складирования твердых отходов и разработки недр земли.

- Запрещение размещения складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, обусловливающих опасность химического загрязнения подземных вод.

- Своевременное выполнение необходимых мероприятий по санитарной охране поверхностных вод, имеющих непосредственную гидрологическую связь с используемым водоносным горизонтом, в соответствии с требованиями СанПиНа «Охрана поверхностных вод от загрязнения».

-Запрещается:

- размещение кладбищ, скотомогильников, полей ассенизации, полей фильтрации, навозохранилищ, силосных траншей, животноводческих и птицеводческих предприятий и других объектов, обусловливающих опасность микробного загрязнения подземных вод;
- применение удобрений и ядохимикатов;
- рубка леса главного пользования и реконструкции.

- Выполнение мероприятий по санитарному благоустройству территории населенных пунктов и других объектов (оборудование канализацией, устройство водонепроницаемых выгребов, организация отвода поверхностного стока и др.).

### 5.5.3 Третий пояс зоны санитарной охраны

Для определения границ ЗСО третьего пояса расчетное время $T_x$ (время продвижения химического загрязнителя – 25-50 лет (выражается в сутках)) принимаем равное периоду эксплуатации водозабора 10000 суток с настоящего времени.

$$R_2 = \sqrt{\frac{Q \cdot T_x}{\pi \cdot m \cdot n}}, \qquad (5.3)$$

где Q – дебит водозабора;

$T_{x.}$ – время распространения химического заражения;

$m$ – мощность водоносного пласта;

$n$ – активная пористость.

$$R_2 = \sqrt{\frac{123045{,}68 \cdot 10000}{3{,}14 \cdot 35 \cdot 0{,}38}} = 5428м = 5{,}43\,\text{км}.$$

Мероприятия по третьему поясу санитарной охраны.

- Выявление, тампонирование или восстановление всех старых, бездействующих, дефектных или неправильно эксплуатируемых скважин, представляющих опасность в части возможности загрязнения водоносных горизонтов.

- Бурение новых скважин и новое строительство, связанное с нарушением почвенного покрова, производится при обязательном согласовании с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора, органами и учреждениями экологического и геологического контроля.

- Запрещение закачки отработанных вод в подземные горизонты, подземного складирования твердых отходов и разработки недр земли.

- Запрещение размещения складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, обусловливающих опасность химического загрязнения подземных вод.

Размещение таких объектов допускается в пределах третьего пояса ЗСО только при использовании защищенных подземных вод, при условии выполнения специальных мероприятий по защите водоносного горизонта от загрязнения по согласованию с центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора, органами и учреждениями государственного экологического и геологического контроля.

- Своевременное выполнение необходимых мероприятий по санитарной охране поверхностных вод, имеющих непосредственную гидрологическую связь с используемым водоносным горизонтом, в соответствии с требованиями СанПиНа «Охрана поверхностных вод от загрязнения».

### 5.5.4 Зоны санитарной охраны водопровода

Зоны санитарной охраны предусматриваются в целях санитарно-эпедемиологической надежности водопровода.

Зоны санитарной охраны водопровода включают зону источника водоснабжения в месте забора воды (включая водозаборные сооружения), зону и санитарно – защитную полосу водопроводных сооружений (насосных станций, станции подготовки воды, емкостей) и санитарно-защитную полосу водоводов.

Зона санитарной охраны водопроводных сооружений состоит из первого пояса и санитарно-защитной полосы.

Граница первого пояса совпадает с ограждением площадки сооружений и предусмотрена на расстоянии: от стен РЧВ не менее 30 м; от стен стальных сооружений – не менее 15 м.

Так как в проекте водопроводные сооружения расположены в пределах второго пояса зоны санитарной охран, то санитарно-защитная полоса (не менее 100м) не предусмотрена.

Ширина санитарно-защитной полосы водоводов принята:

– В незастроенной территории от крайних водоводов при прокладке в сухих грунтах- 10 м, при прокладке в мокрых грунтах – 20 м (диаметр водоводов до 1000 мм).

# ГЛАВА 6

## Технология и организация строительного производства

### 6.1 Определение объемов земляных работ

Рассчитаем объемы земляных работ на участке от угла дома Взлетная 2 до угла дома Взлетная 30. Участок запроектирован из стальных электросварных прямошовных труб по ГОСТ 10704-76 $d_y$=400 мм, с уклоном к т. 11 i=0,002. Длина участка – 1340 м.

Для подсчета объемов земляных работ по разработке траншей определяем площади поперечного сечения траншеи на пикетах. При трапецеидальной форме сечения траншеи площадь сечения поперечника определяется по формуле

$$F = \frac{h(B+E)}{2} = h(B+mh), \quad (6.1)$$

где $h$ – глубина траншеи;

$B$ – ширина траншеи по дну;

$E$ – ширина траншеи по верху;

$m$ – коэффициент откоса. Для суглинка $m$ = 0,73.

Глубина заложения трубопровода в начале участка (т. 12)

$$h_{12} = h_{пр} + 0{,}5 = 2{,}6 + 0{,}5 = 3{,}1 \text{ м}, \quad (6.2)$$

где $h_{пр}$=2,6 м – глубина промерзания грунта.

Глубина заложения в конце участка (т. 11)

$$h_{11} = h_{12} + i \cdot L = 3{,}1 + 0{,}002 \cdot 1340 = 5{,}8 \text{ м}. \quad (6.3)$$

Ширина траншеи по дну определяется по формуле

$$B = d_{нар} + 0{,}6 = 0{,}426 + 0{,}6 = 1{,}03 \text{ м}, \quad (6.4)$$

где $d_{нар}$ – наружный диаметр трубопровода, 0,426 м.

Площадь поперечного сечения траншеи равна

в т. 12

$F_{12}$=3,1·(1,03+0,73·3,1)=10,2 м$^2$,

в т. 11

$F_{11}$=5,8·(1,03+0,73·5,8)=30,5 м$^2$.

Ширина траншеи по верху равна

в т. 12

$E_{12}=B+2mh_{12}=1{,}03+2\cdot0{,}73\cdot3{,}1=5{,}56$ м, (6.5)

в т. 11

$E_{11}=B+2mh_{11}=1{,}03+2\cdot0{,}73\cdot5{,}8=9{,}5$ м. (6.6)

Объем грунта, вытесняемый трубопроводом, $V_{тр}$, м$^3$, определяется по формуле

$$V_{тр}=\frac{\pi\cdot d_{н}^{2}}{4}\cdot L_1\cdot K_p=\frac{3{,}14\cdot0{,}426^2}{4}\cdot1303\cdot1{,}05=194{,}9\ \text{м}^3, \quad (6.7)$$

где $L_1$ – длина трубопровода за вычетом суммарного диаметра всех колодцев, м, определяется по формуле

$$L_1=L-D_{н}^{кол}\cdot N=1340-2{,}2\cdot15=1303\text{м}, \quad (6.8)$$

где $D_{н}^{кол}$ – наружный диаметр колодца, 2,2 м;

$N$ – количество колодцев на участке, 15;

$K_p$ – коэффициент, учитывающий объем земли, вытесняемой раструбами, 1,05.

Объем грунта, вытесняемый колодцами, $V_{кол}$, м$^3$, определяется по формуле:

$$V_{кол}=\frac{\pi\cdot D_{к}^{2}}{4}\cdot h_{кол}\cdot N=\frac{3{,}14\cdot2{,}2^2}{4}\cdot4{,}7\cdot15=267{,}9\ \text{м}^3, \quad (6.9)$$

где $h_{кол}$ – глубина колодца,

$$h_{кол}=\frac{3{,}1+5{,}8}{2}+0{,}25=4{,}7\ \text{м}.$$

Объем избыточного грунта, вытесняемый трубопроводами и колодцами, $V_{изб}$, м$^3$, определяется по формуле

$$V_{изб}=\left(V_{тр}+V_{кол}\right)\cdot K_{пр}=\left(194{,}9+267{,}9\right)\cdot1{,}25=578{,}5\ \text{м}^3, \quad (6.10)$$

где $K_{пр}$ – коэффициент первоначального увеличения объема грунта при рыхлении. Для суглинка $K_{пр}$=1,25.

### 6.1.1 Подбор колодца.

Характеристика задвижки:

1. Материал: сталь, ГОСТ 10194-78
2. Высота задвижки: h =2,2 м.

3. Масса задвижки: m = 0,8 т.
4. Длина задвижки: l = 0,6 м.

Размеры колодца в плане:

Требуемый размер: строительная длина задвижки + 1м = 1,6 м

Принимаем размер колодца в плане 2,0 м.

Высота рабочей камеры колодца равна: высота задвижки + 0,7м = 2,9м

Принимаю кольца для сбора рабочей камеры высотой 360 см.

Марка колец КЦ –20– 12 (3 шт.)

Таблица 6.1 – Размеры кольца

| № | Размеры колец | Марка кольца |
|---|---|---|
| | | КЦ –20 – 12 |
| 1. | Внутренний диаметр, м | 2,0 |
| 2. | Наружный диаметр, м | 2,2 |
| 3. | Высота, м | 1,19 |
| 4. | Масса колец, кг | 1960 |

Плита днища: КЦД – 20 (круглая в плане), d = 2,5 м

1. Толщина плиты: 0,12 м
2. Масса плиты: m = 1470 кг

Определяем параметры горловины:

Высота горловины рассчитывается по формуле

$$H_{горл} = h_{ср} – (2,9 + 0,15 + 0,3) = 4,55 – 3,35 = 1,2 \text{ м}. \quad (6.11)$$

Следовательно, горловина есть, принимаем кольца стеновые для горловины.

Таблица 6.2 – Размеры кольца

| № | Размеры колец | Марка колец | |
|---|---|---|---|
| | | КЦ –7 – 3 (1 шт) | КЦ –7 – 9 (1 шт) |
| 1. | Внутренний диаметр, м | 0,7 | 0,7 |
| 2. | Наружный диаметр, м | 0,84 | 0,84 |
| 3. | Высота, м | 0,29 | 0,89 |
| 4. | Толщина стенки, см | 0,7 | 0,7 |
| 5. | Масса колец, кг | 130 | 380 |

Данные для плиты перекрытия:

1. Марка плиты: КЦП 1 – 20
2. Внутренний диаметр лаза: d = 0,7м,
3. Наружный диаметр: d = 2,2 м,
4. Масса плиты: m = 1280 кг

На плиту перекрытия опирается плита опорная КЦО – 2
– внутренний диаметр которой равен $d_{внут}$ = 1м,
– толщина плиты составляет 0,15м,
– длина и ширина 1,7м,
– масса 800кг.
Кольцо опорное вставляется внутрь, его марка КЦО – 1
– внутренний диаметр равен 0,58м,
– наружный – 0,84м,
– толщина 0,07м,
– масса 50 кг.

Объем грунта, подлежащий разработке, V, м$^3$, складывается из двух величин

$$V=V_м+V_р, \quad (6.12)$$

где $V_м$ – объем грунта, разрабатываемый механизированным способом, м$^3$;
$V_р$ – объем грунта, разрабатываемый вручную, м$^3$.

Объем грунта разрабатываемый экскаватором, $V_м$, м$^3$ равен

$$V_м = V_м^1 + V_м^2 , \quad (6.13)$$

где $V_м^1$ – объем грунта, извлекаемого экскаватором при отрывке из траншеи под трубопровод, м$^3$;

$V_м^2$ – объем грунта, извлекаемого экскаватором для устройства котлованов под колодцы, м$^3$.

Объем грунта, извлекаемого экскаватором из траншеи под трубопровод, определяется по формуле (6.14):

$$V_м^1 = \left( F_{ср} + \frac{m \cdot \left[ (h_3 - h_н) + (h_{10} - h_н) \right]^2}{12} \right) \cdot L_1 =$$
$$= \left( 20{,}35 + \frac{0{,}73 \cdot \left[ (3{,}1 - 0{,}2) + (5{,}8 - 0{,}2) \right]^2}{12} \right) \cdot 1303 = 32243{,}01 \text{ м}^3, \quad (6.14)$$

где $h_н$ =0,2 м – высота недобора грунта при работе одноковшового экскаватора.

Объем грунта, извлекаемого экскаватором для устройства котлованов под колодцы

$$V_м^2 = \frac{h_{ср} \cdot [(2a_1 + a_2) \cdot b_1 + (2a_2 + a_1) \cdot b_2]}{6} \cdot N =$$
$$= \frac{4{,}75 \cdot \left[ (2 \cdot 3{,}7 + 11{,}31) \cdot 3{,}7 + (2 \cdot 11{,}31 + 3{,}7) \cdot 11{,}31 \right]}{6} \cdot 15 = 4357{,}01 \text{м}^3, \quad (6.15)$$

где $h_{ср}$ – средняя глубина траншеи за вычетом недобора грунта, 4,75 м;

$a_1$,$b_1$ – размеры котлована под колодец по низу, 3,7 м;

$a_2$,$b_2$ – размеры котлована под колодец по верху, 11,31 м;

$N$ – количество котлованов под колодцы, 15.

Объем грунта, разрабатываемый экскаватором, равен:

$$V_м = 32243{,}01 + 4357{,}01 = 36600{,}02 \text{ м}^3.$$

Объем грунта, разрабатываемого вручную, равен:

$$V_р = V_р^1 + V_р^2, \text{ м}^3. \quad (6.16)$$

Объем грунта, извлекаемого при разработке недобора, равен:

$$V_р^1 = h_н \cdot (B \cdot L_1 + a_1 \cdot в_1 \cdot N) = 0{,}2 \cdot (1{,}03 \cdot 1303 + 3{,}7 \cdot 3{,}7 \cdot 15) = 309{,}48 \text{ м}^3. \quad (6.17)$$

Объем грунта, извлекаемого при устройстве приямков, определяется по формуле:

$$V_р^2 = V_{пр} \cdot N_1 = 0{,}15 \cdot 220 = 33{,}0 \text{ м}^3, \quad (6.18)$$

где $V_{пр}$ – объем одного приямка.

$$V_{пр} = a \cdot b \cdot c = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,3 = 0,15,\ м^3, \quad (6.19)$$

a=0,5, м
b=dтр+0,6=0,4+0,6=1,0 м
c=0,3, м

где $N_1$ — количество приямков, 220.

Объем грунта, разрабатываемого вручную, равен

$$V_p = V_p^1 + V_p^2 = 309,48 + 33,0 = 342,48\ м^3.$$

Весь объем грунта, подлежащий разработке, равен

$V=V_м+V_р$=36600,02+342,48=36942,5 м$^3$.

Результаты расчета объемов земляных работ приведены в табл. 6.3.

Основная часть грунта, извлекаемого при разработке траншеи, понадобится для обратной засыпки после монтажа и предварительного испытания трубопровода. Вместе с тем часть грунта окажется лишней, так как вытеснится трубопроводом и колодцами. Этот объем земли подлежит вывозу в отвал за пределы строительства.

После окончания земляных работ по разработке траншеи осуществляют монтаж трубопровода. После этого производят частичную засыпку траншеи грунтом и проводят предварительные испытания трубопровода. Стыки труб при этом оставляют не засыпанными от верха труб на 0,1 м. При частичной засыпке труб сначала производится подбивка пазух слоями по 0,1 м с уплотнением грунта одновременно с двух сторон трубопровода. После частичной засыпки трубопровод подвергается предварительному испытанию.

После проведения предварительных испытаний успешно выдержавший их трубопровод окончательно засыпается грунтом. Засыпка осуществляется бульдозером, для чего используется грунт, полученный при разработке траншеи и находящийся в отвале.

Таблица 6.3 – Бланк объемов земляных масс

| Вид работы | Основные параметры выемки | | | | Объем грунта | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ширина, м | | Глубина, $h_{ср}$ м | Длина, м | Обозначение | Количество, $м^3$ |
| | По верху, $E_{ср}$ | По низу, В | | | | |
| Механизированные земляные работы | | | | | | |
| Разработка траншеи | 8,07 | 1,03 | 4,45 | 1303,00 | $V_м^1$ | 32243,01 |
| Разработка котлованов под колодцы | 11,31 | 3,70 | 4,70 | 55,50 | $V_м^2$ | 4357,01 |
| Вывоз грунта в отвал за пределы строительства | 55,50 | 55,50 | 0,20 | 55,50 | $V_{изб}$ | 578,5 |
| Ручные земляные работы | | | | | | |
| Разработка недобора грунта | 1,03 | 1,03 | 0,20 | 1340,00 | $V_р^1$ | 410,9 |
| Рытье приямков | 1,00 | 1,00 | 0,3 | 0,5 | $V_р^2$ | 33,00 |
| Общий объем разработки: | | | | | V | 36942,5 |
| в т. ч. механизированный; | | | | | $V_м$ | 36600,02 |
| в т. ч. ручной | | | | | $V_р$ | 342,48 |

## 6.2 Предварительный выбор комплекта машин

Состав комплекта машин определяется видами работ, которые должны быть механизированы. К ним относятся: разработка грунта в траншеи; вывоз избыточного грунта в отвал за пределы строительства; разравнивание грунта в отвале; обратная засыпка траншеи; планировка траншеи.

### 6.2.1 Выбор экскаватора

Ведущей машиной в данном комплекте является экскаватор. Марки и тип остальных машин подбираются по [26] в зависимости от производительности экскаватора. Подбор экскаватора начинаем с определения объема его ковша.

При месячном объеме механизированных работ более 20 тыс. $м^3$ грунта принимается объем ковша экскаватора 1,0 – 1,25 $м^3$.

Принимаем по [26] одноковшовый экскаватор типа обратная лопата, марки ЭО-4121А. Основные характеристики:

– вместимость ковша $V_к$ – 1,0 $м^3$;

– наибольшая глубина копания $H_к$ – 7,1 м;

– наибольшая глубина выгрузки $H_в$ – 5,2 м;

– наибольший радиус выгрузки $R_в$ – 10,2 м;
– наибольший радиус резания $R_р$ – 10,2 м.
Марка драглайна ЭО-5111 ЕХЛ. Основные характеристики:
– вместимость ковша $V_к$ – 1 м$^3$;
– наибольшая глубина копания $H_к$ – 7,3 м;
– наибольшая глубина выгрузки $H_в$ – 5,5 м;
– наибольший радиус выгрузки $R_в$ – 14,5 м;
– наибольший радиус резания $R_р$ – 12,4 м
Сравним наибольшую глубину копания экскаватора $H_к$ и наибольшую глубину траншеи $h_{10}$: $H_к \geq h$.
$H_к^{Др} \geq h$
7,3 > 5,8м.
$H_к^{Обр.\ лап.} \geq h_2$
7,1≥5,8 м – условие выполняется.
Грунт относится к III категории.
Плотность грунта равна 1850 кг/м$^3$

### 6.2.2 Выбор средств для транспортирования избыточного грунта за пределы строительства

Наиболее приемлемым средством для транспортирования грунта на расстояние более 0,5 км являются автосамосвалы. Грузоподъемность самосвала подбирается по [26] в зависимости от расстояния транспортирования и объема ковша экскаватора.

При транспортировании грунта на расстояние 2 км и объеме ковша 1,0 м$^3$ грузоподъемность самосвала должна быть равна 10 т. На основании этого подбираем марку автосамосвала: КАМАЗ-5511.

Количество ковшей экскаватора, необходимое для загрузки самосвала, равно

$$n = \frac{G}{\gamma \cdot \varepsilon \cdot K_м} = 10/(1{,}3 \cdot 1{,}65 \cdot 0{,}85) = 5{,}48 > 3, \quad (6.20)$$

где $G$ – грузоподъемность самосвала, т, 10 т;
$\gamma$ – плотность грунта, т/м$^3$, 1,6 т/м$^3$;
$\varepsilon$ – емкость ковша экскаватора, м$^3$, 1,0 м$^3$;
$K_н$ – коэффициент наполнения ковша, 0,85.
Длительность погрузки одного самосвала равна

$$t_{пог} = \frac{n}{n_y K_T} = 5{,}48/(1 \cdot 0{,}85) = 6{,}45 \text{ мин}, \quad (6.21)$$

где $n_y$ – число циклов экскавации в минуту;

$K_T$ – коэффициент, учитывающий условия подачи самосвала в забой.

Количество рейсов самосвалов в смену равно:

$$П_р = \frac{t_{см} \cdot 60}{t_{пог} + \frac{2L \cdot 60}{V} + t_р + t_м} = \quad (6.22)$$

$$= 8 \cdot 60/(6{,}45+(2 \cdot 5 \cdot 60/(30)+1+4))=15{,}26=15 \text{ раз},$$

где $L$ – дальность перевозки грунта, км;

$V$ – средняя скорость движения, км/ч;

$t_р$ – длительность разгрузки, ч;

$t_м$ – длительность маневрирования машины, ч;

$t_{см}$ – продолжительность смены, ч.

Производительность самосвала в смену, выраженная в м$^3$ грунта в плотном теле

$$П_{а.с.} = \frac{G}{\gamma} П_р = 15 \cdot 10/1{,}6=93{,}75 \text{ м}^3. \quad (6.23)$$

Продолжительность работы самосвалов принимаем равной: $T_а$=1 смена. Тогда количество смен, необходимых для вывоза избыточного грунта одним самосвалом

$$T = \frac{V_{изб}}{П_{а.с.}} = \quad 578{,}5/93{,}75=6{,}17 \text{ см}. \quad (6.24)$$

Для перевозки избыточного грунта принимаем 1 самосвал, вывоз грунта будет осуществляться за семь смен.

### 6.2.3 Выбор механизмов для обратной засыпки и планировки траншеи

Обратная засыпка траншеи производится после проведения успешных предварительных испытаний трубопровода.

Для обратной засыпки используют грунт, находящийся в отвале. После засыпки траншеи производят планировку ее поверхности. Для обратной засыпки целесообразно использовать бульдозер. Принимаем по [26] бульдозер Д3-117. Продолжительность работ по обратной засыпке траншеи и планировке траншеи и отвала равна

$$T_\delta = \frac{S \cdot H_{вр}}{1000 \cdot T_{см}} = 18595{,}4 \cdot 1{,}2/(1000 \cdot 8)=2{,}8 \approx 3 \text{ см.}, \quad (6.25)$$

где $S_{общ}$ – площадь планируемой поверхности, м$^2$, определяется по формуле

$$S_{общ}=S+S_{пл}= 12810,4+5785 = 18595,4 \text{ м}^2, \quad (6.26)$$

$$S=(E_{ср}+b+1)\cdot L=(7,53+1,03+1)\cdot 1340 = 12810,4 \text{ м}^2,$$

где $H_{вр}$ – норма времени на планировку единицы поверхности (маш.ч.);

1000 – единица измерения площади планируемой поверхности;

$T_{см}$ – продолжительность одной смены.

Площадь планируемой поверхности на месте свалки избыточного грунта равна

$$S_{пл}=\frac{V_{изб}}{h}=578,5/0,1=5785 \text{ м}^2, \quad (6.27)$$

где h – толщина слоя отсыпки, м, 0,1.

### 6.2.4 Определение технико – экономических показателей для окончательного выбора комплекта машин

Окончательный выбор комплекта машин проводится на основе трех технико-экономических показателей: продолжительности земляных работ, себестоимости разработки 1 м$^3$ грунта и трудоемкости разработки 1 м$^3$ грунта.

Продолжительность работы экскаватора по отрывке траншеи Тэ определяется по формуле

$$T_Э=\frac{V_М}{П_э}=\frac{36600,02}{443,2}=82,58 \text{ ч}, \quad (6.28)$$

где $V_м$ – объём грунта, вырабатываемого механизированным способом, м$^3$;

Продолжительность работы драглайна по отрывке траншеи

$$T_Д=\frac{36600,02}{419,04}=87,34 \text{ ч}, \quad (6.29)$$

где $П_э$ – нормативная производительность экскаватора в смену

$$П_э = t_{см}\cdot 100\cdot\left(\frac{1-P}{H_{вр}^{1}}+\frac{P}{H_{вр}^{2}}\right), \text{ смен}, \quad (6.30)$$

где $t_{см}$ – продолжительность смены, 8,2 ч;

100 – единица измерения объёма грунта, разрабатываемого экскаватором;

$P$ – количество избыточного грунта, погружаемого в транспорт в долях ед.

$$P = \frac{V_{отв}^{в}}{V_{м}} = \frac{578{,}5}{36600{,}2} = 0{,}017, \qquad (6.31)$$

где $H_{вр1}$, $H_{вр2}$ – соответственно норма времени на разработку экскаватором при работе в отвал и при погрузке в транспорт.

$$П_{э} = 8 \cdot 100 \cdot \left( \frac{1 - 0{,}017}{1{,}8} + \frac{0{,}017}{2{,}4} \right) = 443{,}2 \text{ смен.}$$

Нормативная производительность драглайна в смену

$$П_{Д} = 8 \cdot 100 \cdot \left( \frac{1 - 0{,}017}{1{,}9} + \frac{0{,}017}{2{,}5} \right) = 419{,}04 \text{ смен.}$$

Себестоимость отрывки 1 м$^3$ грунта траншеи

$$C_{тр} = \frac{1{,}08 \cdot \sum C_{машч.} \cdot T_i + 1{,}5 \cdot \sum З_{р}}{V}, \qquad (6.32)$$

где $C_{маш.\,ч}$ – производственная себестоимость машино-часа отдельных машин, входящих в комплект (экскаватор, бульдозер, самосвал);

$T_i$ – продолжительность работы отдельных машин на стройке в сменах,

$$\sum C_{маш}^{Э} \cdot T = 43{,}28 \cdot 82{,}58 + 48{,}56 \cdot 4 + 36{,}8 \cdot 3{,}6 = 3900{,}78 \text{ руб. ч,}$$

$$\sum C_{маш}^{Д} \cdot T = 49{,}44 \cdot 87{,}34 + 48{,}56 \cdot 4 + 36{,}8 \cdot 3{,}6 = 4644{,}81 \text{ руб. ч,}$$

где $\Sigma З_р$ – заработная плата рабочих, выполняющих ручные работы,

$\Sigma З_р = З_р \cdot V_р$ ($З_р$ – расценка на разработку 1 м$^3$ грунта,

$V_р$ – объём грунта подлежащей выемке при прокладке трубопровода).

$\Sigma З_р = 0{,}544 \cdot 410{,}9 = 223{,}53$ руб.

$$C_э = \frac{1{,}08 \cdot 3900{,}78 + 1{,}5 \cdot 223{,}53}{36600{,}02} = 0{,}124 \text{ руб./м}^3$$

Себестоимость отрывки 1 м$^3$ грунта траншеи драглайном

$$C_{др} = \frac{1{,}08 \cdot 4644{,}81 + 1{,}5 \cdot 223{,}53}{36600{,}02} = 0{,}146 \text{ руб./м}^3$$

Трудоёмкость отрывки 1 м$^3$ грунта

$$M_{тр} = \frac{\sum M_м + \sum M_р}{V}, \qquad (6.33)$$

где $\Sigma M_м$ – затраты труда по управлению и обслуживанию машин, чел.-ч/маш.-ч.

$$\Sigma M_м^Э = M_Э + M_б + M_а = 2{,}69 \cdot 82{,}58 + 1{,}48 \cdot 4 + 1{,}79 \cdot 3{,}6 = 234{,}50 \text{ чел/ ч}$$

$$\Sigma M_м^Д = M_Д + M_б + M_а = 2{,}81 \cdot 87{,}34 + 1{,}48 \cdot 4 + 1{,}79 \cdot 3{,}6 = 257{,}79 \text{ чел/ч}$$

где $\Sigma M_р$ – затраты труда на ручные операции, чел.· ч.,

$$M_р = H_{вр} \cdot V_р, \qquad (6.34)$$

где $H_{вр}$ – норма времени на ручную разработку 1 м$^3$ грунта, 0,9

$$M_р = 0{,}9 \cdot 410{,}9 = 369{,}81 \text{ чел.· ч.}$$

$$M_{тр}^Э = \frac{234{,}50 + 369{,}81}{36600{,}02} = 0{,}0165 \text{ чел.· ч.}$$

$$M_{тр}^Д = \frac{257{,}79 + 369{,}81}{36600{,}02} = 0{,}0171 \text{ чел.· ч.}$$

Таблица 6.4 − Технико-экомические показатели

| Технико-экомические показатели | Единицы измерения | Экскаватор | |
|---|---|---|---|
| | | с обратной лопатой | драглайн |
| Продолжительность работы, Т | смена | 82,58 | 87,34 |
| Себестоимость разработки, 1 м$^3$ грунта, С $_{отр}$ | руб./м$^3$ | 0,124 | 0,146 |
| Трудоемкость разработки 1 м$^3$ грунта, М$_{отр}$ | чел.- ч/м$^3$ | 0,0165 | 0,0171 |

Как видно из табл. 6.4 наиболее экономичным является вариант с экскаватором обратная лопата.

### 6.3 Определение размеров забоя

Расчетные размеры забоя определяют исходя из рабочих параметров экскаватора и размеров траншеи.

Площадь поперечного сечения отвала, исходя из расчета угла откоса насыпи 45$^0$, определяется по формуле

$$F_0=F_{ср}\cdot K_{пр}\cdot K = 20{,}35\cdot 1{,}25\cdot 0{,}98 = 24{,}93 \text{ м}^2, \quad (6.35)$$

где $K_{пр}$ – коэффициент первоначального увеличения объема грунта при рыхлении. Для суглинка $K_{пр}$=1,25;

$K$ – коэффициент, учитывающий уменьшения площади поперечного сечения отвала в случае отвозки избыточного грунта за пределы строительной площадки, определяется по формуле:

$$K = \frac{V - V_{изб}}{V} = \frac{36600{,}02 - 578{,}5}{36600{,}02} = 0{,}98, \quad (6.36)$$

Высота отвала равна:

$$H_o = \sqrt{F_o} = \sqrt{33{,}6} = 5{,}0 \text{ м}. \quad (6.37)$$

Ширина отвала по низу равна:

$b$=2·$H_o$=2·5,0=10,0м. (6.38)

Расстояние от бровки траншеи до основания отвала

$$a = h\cdot(1 - m) = 5{,}8\cdot(1 - 0{,}73)=1{,}566 \text{ м}. \quad (6.39)$$

где $h$ – наибольшая глубина траншеи, 6,4 м.

Общая ширина забоя, включая отвал, равна

$$A=E_{ср}+a+b = 7{,}53+1{,}566+10{,}0= 19{,}01 \text{ м}. \quad (6.40)$$

Положение оси движения экскаватора может совпадать с осью траншеи или может быть смещена от нее на некоторое расстояние в сторону отвала.

Первый случай выбирается, если выполняется условие:

$$R_в \geq A_1, \quad (6.41)$$

где $R_в$ – наибольший радиус выгрузки экскаватора, 10,2 м;

$A_1$ – расстояние, которое определяется по формуле:

$$A_1 = \frac{E_{ср}+b}{2}+a = (7{,}53+10{,}0)\cdot 0{,}5+1{,}566=10{,}33 \text{ м}. \quad (6.42)$$

Условие не выполняется – 10,2>10,33м. Ось экскаватора не совпадает с осью траншеи.

### 6.4 Выбор кранового оборудования для монтажа трубопровода

Для укладки труб, монтажа элементов колодцев и арматуры, размещаемой в колодцах, используют автомобильные или пневмоколесные краны.

При выборе кранового оборудования учитываем массу самого тяжелого элемента и требуемый вылет стрелы крана.

Самым тяжелым элементом является кольцо КЦ –20 – 12 массой 1960 кг

Требуемая грузоподъемность крана определяется по формуле

$$G=Q\cdot K_{гр}=1960\cdot 1{,}1=2156 \text{ кг}, \quad (6.43)$$

где $Q$ – масса самого тяжелого элемента при монтаже кольцо, 2156 кг;

$K_{гр}$ – коэффициент, учитывающий массу грузозахватных приспособлений, 1,1.

Кран располагаем на свободной от отвала стороне траншеи. Заготовки труб и других элементов размещены у бровки траншеи, а кран за ними. Ось движения крана параллельна от траншеи. Требуемый вылет стрелы крана равен

$$L_c = \frac{B}{2}+1{,}2mh+a_1+\frac{Б_{кр}}{2}+a_2 = \quad (6.44)$$

$$= 1{,}03/2+1{,}2\cdot 0{,}73\cdot 5{,}8+0{,}426+2{,}4/2+1= 8{,}22 \text{ м},$$

где $B$ – ширина траншеи по низу, м;

$m$ – заложение откосов траншеи;

$a_1$ – ширина места, занимаемого трубой, м;

$h$ – максимальная глубина траншеи, м;

$Б_{кр}$ – ширина базы крана (ширина колеи), м;

$a_2$ – расстояние от трубы до крана, м.

Основываясь на требуемой грузоподъемности и вылете стрелы крана, подбираем марку монтажного крана.

Принимаем автомобильный стреловой кран по [26] КС–3562Б на базе МАЗ–5334, грузоподъемностью при максимальном вылете стрелы – 1,2 т, длина основной стрелы – 10 м, грузоподъемность 10 т.

# ГЛАВА 7

## Охрана труда и техника безопасности

## 7.1 Общие требования

Охрана труда – система мер предотвращения производственного травматизма и профессиональных заболеваний, улучшения условий труда.

Устройство, размещение и эксплуатация сооружений водоснабжения, производственных и вспомогательных помещений должны соответствовать требованиям действующих ГОСТ, СП, санитарным правилам, отраслевым правилам по технике безопасности, правилам Госгортехнадзора и Минэнерго, а также другим нормативами, распространяющимся на все ведомства и организации

На каждом предприятии водоснабжения должны быть чертежи сетей и всех сооружении с указанием всех технических данных и характеристик привязки.

Территорию предприятия ограждают, благоустраивают и озеленяют. Ко всем сооружениям устраивают безопасные подъезды и подходы, которыми можно пользоваться не только в нормальных условиях эксплуатации, но и в случаях заноса снегом или затопления.

Отверстия и углубления в полах закрывают плитами, крышками или ограждают перилами высотой 1 м со сплошной зашивкой по низу на высоту 0,1 м. Такие же отверстия делают у переходов через трубопроводы. Чтобы избежать образования скользкой поверхности, металлические полы производственных помещений делают рифлеными.

В производственных и вспомогательных помещениях устраивают системы отопления, вентиляции, внутридомовые системы водоснабжения и канализации, естественное и искусственное освещение в соответствии с требованиями действующих СП и санитарных норм.

Высота помещения от пола до низа выступающих конструкций перекрытия должна быть не менее 2,2 м, высота от пола до низа выступающих частей коммуникаций и оборудования в местах регулярного прохода людей – не менее 2 м, а в местах нерегулярного прохода людей – не менее 1,8 м. Наименьшая ширина проходов 1 м, дверей 0,8 м, .коридоров 1,4 м, лестниц и лестничных маршей 1,05 м.

Насосные агрегаты, распределительные щиты, трубопроводы, арматуру, приборы, вспомогательные и другие механизмы и аппаратуру размещают таким образом, чтобы к ним был свободный подход. Соблюдают следующую ширину прохода: между агрегатами при установке электродвигателей напряжением до 1000 В – 1 м, напряжением более 1000 В – 1,2 м; между агрегатами и стенкой в шахтах станций – 0,7 м, в прочих станциях – 1 м; между компрессорами – 1,5 м; между агрегатами и распределительным щитом – 2 м; между неподвижными выступающими частями оборудования – 0,7 м. В случае размещения оборудования на высоте предусматривают рабочие площадки с ограждениями.

Производственные и вспомогательные сооружения и помещения оборудуют средствами пожаротушения в соответствии с требованиями

Государственного пожарного надзора. На сооружениях и в помещениях вывешивают инструкции по эксплуатации, технологические и электрические схемы, плакаты и наглядные пособия по технике безопасности.

При возникновении на объектах условий, угрожающих жизни и здоровью людей, приостанавливают все опасные работы. Механизмы и электродвигатели отключают при аварийных или несчастных случаях: появлении из двигателя или арматуры дыма или огня, перегреве подшипников, трансмиссий и т. п.

## 7.2 Правила безопасности при устройстве и эксплуатации водозаборного сооружения инфильтрационного типа

При эксплуатации колодцев следует постоянно контролировать их работу: отмечать время пуска и остановки агрегата, замерять расход воды по водомеру.

В период эксплуатации колодцев осуществляются планово-предупредительные осмотр и ремонт

При периодической эксплуатации скважины для сохранения требуемого качества воды в ней необходимо откачивать воду через 10—15 дней до полного исчезновения в ней мути, ржавчны. В Результаты откачек следует заносить в эксплуатационный журнал. Если скважина вводится в эксплуатацию после консервации, то. во время откачки необходимо брать пробы воды для ее анализа (примерно через 6—12 ч о начала откачки).

Работы, связанные со спуском рабочих в колодцы и камеры переключения, требуют таких же мер безопасности, как и работы в колодцах систем водоснабжения. Оборудование обесточивают, на соответствующих задвижках, шиберах и щите управления вывешивают знаки безопасности.

Подводные работы при ремонте сооружений, проверке их технического состояния, очистке от осадка и др. выполняют специально обученные и аттестованные водолазы с соблюдением требований техники безопасности на водолазных работах: перед началом работ тщательно проверяют водолазное снаряжение, рабочее оборудование, телефонную связь, обследуют ремонтируемое сооружение, составляют проект производства работ, согласуют сигналы и команды.

На водолазной станции должно быть не менее трех водолазов. Во время подъема из воды грузов после строповки водолаз обязан выйти на поверхность. На месте водолазных работ при обслуживании оголовка, укреплении берега находятся спасательные средства – дежурная лодка, спасательные круги, багры, веревки, аптечка первой доврачебной помощи и др.

Работы по ремонту, монтажу и демонтажу водоподъемного оборудования водяных скважин относятся к особо опасным и на их производство выписывают на» ряд-допуск с указанием мер безопасности.

При этих работах соблюдают требования «Единых правил безопасности геологоразведочных работ», «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», «Инструкции для стропальщиков, обслуживающих грузоподъемные краны», «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ), «Правил технической эксплуатации и техники безопасности электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ).

Работниками руководит мастер, обученный и сдавший экзамены на право перемещения грузов грузоподъемными механизмами, ручными или приводными лебедками и талями (по правилам Госгортехнадзора СССР). В состав бригады обязательно входит аттестованный стропальщик. К работам не допускаются лица моложе 18 лет. Краны, лебедки, тросы и грузозахватные приспособления испытывают в установленном порядке и маркируют (они должны соответствовать массе груза). Обязательно проверяют тормоза и крановое устройство, цельность стального гибкого троса и стропов. Грузом, превышающим установленный в 1,5 раза, испытывают на прочность треногу, копер и вышку.

Нельзя использовать грузоподъемные механизмы с неисправными тормозами или храповым устройством, стальными тросами, имеющими хоть одну оборванную прядь или более 10% разорванных проволок, с узлами, переломами или другими дефектами. Стропы сплетают, места сплетения затягивают коушем. Блок должен соответствовать диаметру троса.

### 7.3 Пожарная безопасность

Основные задачи пожарной безопасности решаются в процессе проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений. Они сводятся к комплексу профилактических мероприятий, направленных на предупреждение пожаров, ограничение сферы распространения огня в случае загорания, создание условий для эвакуации людей и материальных ценностей из горящего здания, а также для действий пожарной охраны по тушению пожаров.

Сооружения систем водоснабжения и канализации строят, как правило, из несгораемых материалов. Ввиду большой сырости в этих помещениях (насосные станции, очистные сооружения, водонапорные башни и т.д.) стены делают из кирпича или бетона, перекрытия – из железобетона, полы – из бетона.

При разработке генеральных планов предприятий учитывают требования пожарной безопасности: создают противопожарные разрывы между отдельными зданиями или группами зданий, прокладывают дороги, устраивают въезды, учитывают взаимное расположение зданий, рельеф местности и направление господствующих ветров, осуществляют зонирование и группировку зданий по пожарной опасности, отдельно выделяют взрыво − и пожароопасные территории.

На территории предприятий водоснабжения предусматривают систему противопожарного водоснабжения. Пожарные гидранты располагают вдоль дорог и проездов на расстоянии не более 100м один от другого и не долее 2м от края проезжей части.

В отапливаемых производственных помещениях предусматривают внутренний противопожарный водопровод с пожарными кранами. Пожарные краны устанавливают на лестничных клетках, в коридорах, во входах и в других местах, чтобы при пожаре эвакуационные пути были безопасны. Пожарный кран устанавливают в специальном шкафу. В этом шкафу находится брезентовый рукав длиной не менее 10м со стволом. В сети пожаротушения создается напор воды, позволяющий создать высоту струи не менее 5м. Пожарные краны размещают таким образом, чтобы в любую точку помещения можно было подать воду.

Ответственность за обеспечение пожарной безопасности несет руководитель предприятия, а на рабочих местах – мастер. До начала работы каждый работник при проведении вводного инструктажа должен быть проинструктирован об общих мерах противопожарной безопасности на предприятии о личном соблюдении противопожарных требованиях, а также обучен пользоваться простейшими средствами пожаротушения.

При возникновении пожара или загорания следует немедленно сообщить об этом в пожарную охрану по телефону, объявить пожарную тревогу звуковыми сигналами или по местному радио. Одновременно принимают меры к тушению пожара имеющимися для этого средствами.

Для тушения пожара используют воду, воздушно-механическую пену, водяной пар, песок или специальные химические вещества.

При тушении горящих складов с газовыми баллонами следует проявлять особую осторожность, т.к. загоревшие баллоны могут взорваться. В таких случаях пожар тушат пенными огнетушителями, охлаждая баллоны водой.

В каждом помещении, где имеется опасность загорания и пожара, должен быть комплект ручного противопожарного инвентаря: лопата, ломы, багры, ящик с песком, бочки с водой, ведра, огнетушители, перезаряженные в установленные сроки. Противопожарный инвентарь и огнетушители размещают в легкодоступных местах.

На предприятиях устанавливают автоматические системы тушения пожара водой – сплинклерные и дренчатые установки.

### 7.4 Порядок уведомления о несчастных случаях

1) Работник о несчастном случае, происшедшем с ним или с другим работником, свидетелем которого он был, должен немедленно сообщить своему непосредственному руководителю и при необходимости вызвать скорую помощь.

2) До прибытия медицинских работников необходимо оказать пострадавшему доврачебную помощь, устранив предварительно факторы травмирования.

3) Необходимо помнить, что от быстроты действия и правильности оказания доврачебной помощи пострадавшему зависит его жизнь и здоровье.

### 7.5 Правила личной гигиены

1) Хранить и принимать пищу и молоко на рабочем месте работнику запрещается. Прием пищи производится в выделенном для этой цели помещении.

2) Перед приемом пищи необходимо тщательно вымыть руки водой с мылом. Применять для мытья рук легковоспламеняющиеся жидкости запрещается.

3) Работник должен соблюдать установленные правила личной гигиены и поддерживать чистоту в бытовых помещениях.

# ГЛАВА 8

## Автоматика

## 8.1 Автоматизация насосной станции при наличии трех насосов

Схема автоматизации насосной станции предусматривает возможность включения и отключения насосов как дежурным персоналом (режим местного управления − М), так и автоматически в зависимости от уровня воды в резервуаре. При этом обеспечиваются:

− защита электродвигателей насосов от перегрузок и коротких замыканий;

− автоматическое открытие и закрытие напорной задвижки;

− автоматическое отключение электродвигателя насоса при неисправности напорной задвижки, перегреве подшипников насосного агрегата, срыве давления за насосом;

− возможность изменения очередности включения насосов при изменении уровня воды в резервуаре;

− сигнализация о включении электродвигателя насоса, срыве давления за насосом, перегреве подшипников, неисправности напорной задвижки, открытии и закрытии напорной задвижки;

− бесперебойная подача напряжения на блоки контроля сопротивлений − датчики уровня воды в резервуаре.

В состав схемы автоматизации входят следующие элементы:

− автоматический выключатель 1QF1, установленный в силовой цепи электродвигателя насоса, для защиты электрической сети от перегрузки и коротких замыканий;

− тепловое реле 1КК1, установленное в силовой цепи электродвигателя насоса, для защиты электродвигателя от перегрузки;

− предохранитель 1FU1 в цепи 2 схемы управления для защиты схемы от коротких замыканий (далее по тексту под обозначением цепи понимается обозначение цепей в схеме управления);

− контактор 1КМ1 в цепи 2 для подключения электродвигателя насоса к электрической сети;

− реле 1К1 в цепи 3, определяющее очередность включения насосов в зависимости от уровня воды в резервуаре;

− реле 1КТ1 в цепи 11, обеспечивающее выдержку времени до 3 с при отключении электродвигателя насоса при срыве давления за насосом, перегреве подшипников или неисправности напорной задвижки;

− токовые реле 1КН1 в цепи 12, 1КН2 в цепи 13, 1КНЗ в цепи 14, сигнализирующие соответственно об отключении электродвигателя насоса вследствие срыва давления, перегрева подшипников или неисправности напорной задвижки;

− реле 1К2 в цепи 15, формирующее сигнал на отключение электродвигателя насоса;

− реле 1КЗ в цепи 17, формирующее сигнал на отключение электродвигателя насоса при неисправности напорной задвижки;

− реле 1К4 в цепи 18 для контроля наличия напряжения в схеме управления электродвигателем насоса;

− реле К5, Кб в цепях 20 и 21 для контроля наличия напряжения в схемах управления электродвигателями других насосных агрегатов;

− реле КО1 в цепи 22, КО2 в цепи 23, КОЗ в цепи 24 для включения электродвигателя насоса в зависимости от уровня воды в резервуаре;

− реле блоков контроля сопротивлений 1KSL в цепи 25, 2KSL в цепи 26, 3KSL в цепи 27, формирующие сигнал о достижении соответствующего (I. II или III) уровня воды в резервуаре;

− кнопки управления 1SB1 в цепи 2, 1SB2 в цепи 1 для отключения и включения электродвигателя насоса в режиме местного управления;

− сигнальная лампа 1HL1 в цепи 1, горение которой сигнализирует о включении насоса.

В схему управления электродвигателем насоса введены контакты аппаратуры из схемы управления электродвигателем задвижки:

− контакт реле 2К1 в цепи 16 (катушка реле 2К1 включена в цепь 2 схемы управления электродвигателем задвижки), замыкающийся после полного
открытия задвижки;

− контакты 2KI, 2К2, 2КМ1, 2КМ2 в цепи 17 (катушки этих аппаратов включены соответственно в цепи 2, 6, 3, 5 схемы управления электродвигателем задвижки), замкнутое состояние которых после включения электродвигателя насоса обусловит его отключение вследствие неисправности задвижки
(нормальное функционирование задвижки при включенном двигателе насоса соответствует хотя бы одному разомкнутому контакту 2К1, 2К2, 2КМ1, 2КМ2).

Схема автоматизации предусматривает возможность автоматического включения насоса при достижении как первого, так и второго, и третьего уровней воды в резервуаре, т.е. при наличии на насосной станции трех рабочих насосов их очередность включения может устанавливаться переключателем 1SA1, секции которого используются в цепях 2-4, 9-11 схемы управления электродвигателем насоса и в цепях 3-6 схемы управления электродвигателем задвижки. Переключатель 1SA1 имеет 3 фиксированных положения:

левое − режим автоматического управления − А,

среднее − режим местного управления − М ,

правое − режим ввода резерва − Вр.

В режиме местного управления пуск электродвигателя насоса осуществляется нажатием на кнопку 1SB2 в цепи 1. При этом по цепи: фаза сети, предохранитель 1FU1, замкнутая секция 1-2 переключателя 1SA1 в цепи 2, замкнутый контакт кнопки управления 1SB1, замкнутый при нажатии на кнопку, управления 1SB2 ее контакт в цепи 2, замкнутый контакт реле 1К2, замкнутый контакт теплового реле 1КК1, катушка контактора 1КМ1 , нулевой провод сети − подается напряжение на катушку 1КМ1, и контактор 1КМ1 срабатывает. Его контакты в силовой цепи замыкаются и подключают

электродвигатель насоса к электрической сети. Одновременно замыкается контакт 1КМ1 в цепи 2, что сохраняет цепь подачи напряжения на катушку 1КМ1 после размыкания контакта кнопки управления 1SB2 при прекращении нажатия на нее.

Отключение электродвигателя насоса от сети в режиме местного управления осуществляется нажатием на кнопку 1SB1.

Во всех режимах (вне зависимости от уровня воды в резервуаре) аварийное отключение электродвигателя насоса от сети произойдет при одном из следующих условий:

− отключении автоматического выключателя 1QF1 в силовой цепи вследствие короткого замыкания или перегрузки;

− перегорании предохранителя 1FU1 в цепи 2 схемы управления;

− размыкании контакта теплового реле 1КК1 в цепи 2 при перегрузке электродвигателя;

− размыкании контакта реле 1К2 в цепи 2, что обуславливается неисправностью напорной задвижки, или перегревом подшипников, или срывом давления за насосом.

В режиме ввода резерва переключатель 1SA1 находится в положении Вр При этом в цепях 3, 10, II контакты 7-8, 9-10, 11-12 переключателя замкнуты, (все остальные секции в положении Вр разомкнуты).

Реле 1К1 в цепи 3 находится под напряжением, и его контакты замкнуты.

В схемах управления электродвигателями насосов 2 и 3 имеются аналогичные реле, позиционные обозначения которых 2К1 и ЗК1 соответственно.

В режиме Вр может находиться только один (любой) насос.

В частности, если в режиме Вр находится насос 2, то в схеме управления электродвигателем насоса I контакты реле 2К1 в цепи 5 будут замкнуты. Если же в режиме Вр находится насос 3, то в схеме управления электродвигателем насоса 1 замкнуты контакты реле ЗК1 в цепи 6.

В режиме Вр включение насоса 1 произойдет только после достижения уровня III воды в резервуаре, т.е. после замыкания контакта 3KSL в цепи 24, что обуславливает подачу напряжения на катушку реле КОЗ и замыкание контактов КОЗ в цепи 9.

Если при этом какой-либо из остальных насосов не включен (т.е. замкнут контакт 2КМ1 в цепи 9 или контакт ЗКМ1 в цепи 10), то по цепи: предохранитель 1FU1, секция 9-10 переключателя 1SA1, замкнутый контакт реле КОЗ , замкнутый контакт контактора 2КМ1 (или ЗКМ1) в цепи 9, замкнутые контакты реле 1К2 и 1КК1 в цепи 2 - на катушку контактора 1КМ1 подается напряжение и электродвигатель насоса 1 контактами 1КМ1 в силовой цепи подключается к электрической сети.

Очередность включения насоса 1 в автоматическом режиме зависит от того, какой из остальных насосов находится в режиме Вр. Если таковым является насос 3 (т.е. замкнут контакт ЗК1 в цепи 6 насоса 1, и насос 1 переключателем 1SA1 переведен в режим автоматического управления − А), то

после достижения уровня I в резервуаре замкнется контакт реле блока контроля сопротивлений 1KSL в цепи 22, сработает реле КО1, контакт которого в цепи 6 замкнется. Последнее обусловит подачу напряжения на катушку контактора 1КМ1 по цепи: 1FL, секция 15-16 переключателя 1SA1, замкнутые контакты реле КО1 и ЗК1 в цепи 6, замкнутые контакты 1К2 и 1КК1 в цепи 2, катушка контактора 1КМ1 − т.е. включение электродвигателя насоса 1.

Если в режиме Вр находится насос 2, то при достижении уровня 1 в резервуаре (т.е. при замыкании контакта реле КО1 в цепи 6) включения насоса I не произойдет, т.к. контакт реле ЗК1 в цепи 6 разомкнут, и должен включиться насос 3. Однако, если вследствие неисправностей последнего не произойдет и контакт реле ЗК4 в цепи 8 останется замкнутым, то по цепи: предохранитель 1FU1, секция 15 − 16 переключателя 1SA1, замкнутый контакт реле KOI, ЗК4, IK2, 1КК1 − на катушку контактора 1КМ1 будет подано напряжение и в результате включится насос 1. Описанная процедура соответствует аварийному включению насоса 1 при отказе насоса 3. Нормально (если в режиме Вр находится насос 2) после достижения уровня I в резервуаре включается насос 3, а после достижения уровня II − насос 1. При этом на катушку контактора 1 КМ 1 подается напряжение по цепи: предохранитель 1FU1, секция 15 − 16 переключателя 1SA1, замкнутый контакт реле КО2 в цепи 4, замкнутый контакт реле 2К1 в цепи 5, замкнутые контакты реле 1К2 и 1КК1 в цепи 2.

Если в режиме Вр находится насос 3 (т.е. замкнутый контакт реле ЗК1 в цепи 6), то после достижения уровня I в резервуаре включается насос 1 (на катушку контактора 1КМ1 подается напряжение по цепи: предохранитель 1FU1, секция 15-16 переключателя 1SA1, замкнутые контакты реле КО2 и ЗК1 в цепи
7и 1К2, 1КК1 в цепи 2), а после достижения уровня II − включится насос 2.

Отключение насосов произойдет после достижения уровня воды в резервуаре, соответствующего уровню отключения насосов, что обусловит размыкание контактов 1KSL − 3KSL и, как следствие, размыкание контактов реле КО1 − КОЗ в цепях управления электродвигателями насосов, что приводит к исчезновению напряжения на катушке контактора 1КМ1, контакты которого в силовой цепи электродвигателя размыкаются и отключают его от электрической сети.

Аварийное отключение электродвигателя насоса при неисправностях в насосном агрегате осуществляется при размыкании контакта реле 1К2 в цепи 2.

Последнее произойдет, если:

− при работающем насосе вследствие неисправности механизма задвижки по цепи 17 на катушку реле 1КЗ подается напряжение, что обусловит замыкание его контакта в цепи 14;

− срыве давления за насосом, т.е. при замыкании контакта ВР в цепи 12;

− перегреве подшипников, т.е. при замыкании контакта ВК в цепи 13.

В этих условиях на катушку реле времени 1КТ1 в цепи 11 подается напряжение и его контакт в цепи 15 замкнется с выдержкой времени 3 с, что

обусловит подачу напряжения на катушку реле 1К2 в цепи 15 и, следовательно, отключение электродвигателя насоса от электрической сети.

Цепи 18 − 21 и имеющаяся в них аппаратура предназначены для обеспечения бесперебойной подачи напряжения на реле блоков контроля сопротивлений 1KSL− 3KSL.

Реле 1К4 контролирует наличие напряжения в цепях управления электродвигателем насоса. На цепи 22 − 27 может подаваться напряжение из схем управления любого из насосов. Если в схеме управления электродвигателем нассса 2 имеется напряжение, то на реле Кб в цепи 21 подается напряжение и его контакт в цепи 19 разомкнут. Аналогично, наличие напряжения в цепях управления электродвигателем насоса 3 обусловит размыкание контактов реле К5 в цепях 19 и 21. В этом случае подача напряжения на цепи 22 − 27 осуществляется из схемы насоса 3 по цепи 20.

При исчезновении напряжения в схеме управления электродвигателем насоса 3 цепи 22 − 27 подключаются по цепи 21 к схеме управления электродвигателем насоса 2. И только при исчезновении напряжения в цепях управления электродвигателями насосов 2 и 3 на цепи 22 − 27 напряжение подается от цепей насоса 1.

## 8.2 Энергосбережение в насосных установках

В структуре себестоимости промышленной продукции затраты на потребление энергоресурсы составляют значительную часть. Уменьшить расход электроэнергии в насосных агрегатах возможно посредством регулирования частоты вращения (числа оборотов в минуту) насосов в функции расхода воды. Частота переменного напряжения f в электрических сетях энергосистем страны постоянна и равна 50Гц, что достаточно для вращения электродвигателей насосов с номинальной частотой n (об/мин).

Чтобы изменить частоту переменного напряжения, подводимого к электродвигателю насоса, необходимо подключить электродвигатель к индивидуальному преобразователю частоты, присоединенному в свою очередь к электрической сети с частотой переменного напряжения f=50Гц. В зависимости от величины сигнала управления, поступающего от соответствующего датчика на вход преобразователя частоты, частота переменного напряжения на выходе может изменяться в интервале 5-50 Гц, что обеспечивает возможность десятикратного уменьшения частоты вращения насосного агрегата. Функциональная схема автоматического регулирования частоты вращения насосного агрегата, работающего на сеть водоснабжения, представлена на рисунке 8.1, а для откачивающего насосного агрегата.

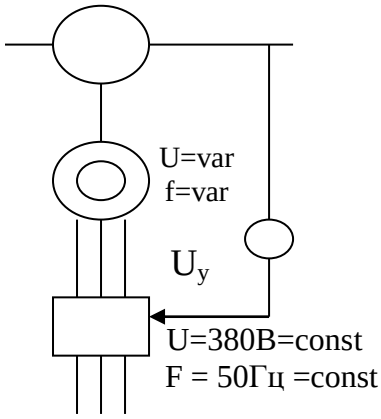



Рисунок 8.1 − Функциональная схема регулирования скорости вращения сетевого насоса.

Эффективность регулирования частоты вращения насосного агрегата, работающего на сеть водоснабжения, обусловливается следующим.

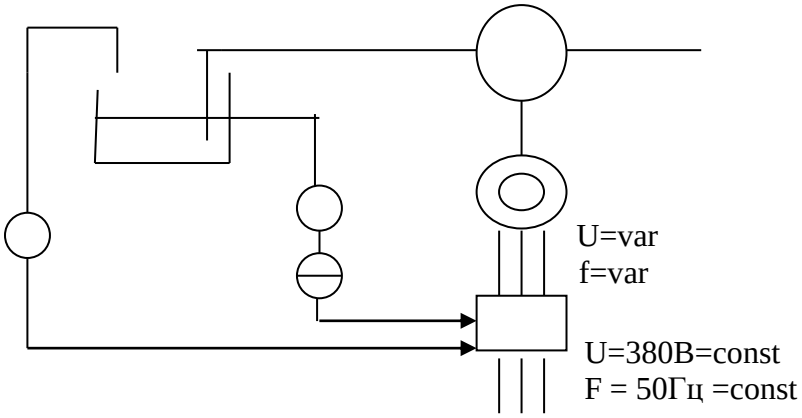



Рисунок 8.2 − Функциональная схема регулирования скорости вращения откачивающего насоса.

Откачивающие насосные агрегаты подают равное (постоянное) количество воды, автоматически включаясь и отключаясь в зависимости от ее уровня в резервуаре. Производительность насоса определяют максимальным притоком воды в приемный резервуар в течение часа. Если в течении какого-то промежутка времени приток меньше максимального, то посредством преобразователя частоты можно снизить частоту вращения насоса до значения, при котором подача насоса будет равна значению притока. При автоматическом регулировании подача насоса в функции значения притоков приемный резервуар, несмотря на непрерывность работы насоса, за счет уменьшения развиваемого им напора потребление электроэнергии электродвигателем насоса уменьшается по сравнению с вариантом периодической работы насоса с неизменной частотой вращения. Для насосной станции, работающей на сеть водоснабжения, при неизменной частоте вращения насосов возможно отключение одного или нескольких в зависимости от водопотребления.

Условные графические обозначения основных элементов принципиальных схем.

FU − Плавкие предохранители. Предназначены для защиты цепей управления от токов короткого замыкания. Если ток в цепях управления превысит величину тока плавкой вставки, то ставка перегорает, и цепь управления отключается от сети, что обуславливает прекращение функционирования системы автоматизации и отключение электродвигателя соответствующей технологической установки.

QF − Автоматический воздушный выключатель (автомат). Предназначен для защиты электрических цепей от коротких замыканий и перегрузки по току.

SA − Переключатель режимов (ключ) управления. Предназначен для выбора режима. Характерными режимами управления являются:

− Режим местного управления, при котором включение и отключение технологической установки осуществляется эксплуатационном персоналом;

− Режим автоматического управления, при котором включение и отключение технологической установки осуществляется автоматически в соответствии с алгоритмом управления;

Режим ввода резерва, при котором некоторая технологическая установка нормально отключена, а при необходимости автоматически включается в работу;

− Режим опробования, при котором возможно кратковременное включение и отключение отдельных механизмов технологической установки ремонтным персоналом для проверки работоспособности этих механизмов.

Конструктивно ключи управления выполняются в виде набора секций, замыкание или размыкание контактов которых осуществляется установкой рукоятки ключа в одно из возможных положений.

В зависимости от типа ключа управления количество секций может быть более трех, количество возможных положений рукоятки тоже не всегда равно трем. Обычно на принципиальных схемах положения рукоятки ключа обозначают не цифрами, а буквами. М − режим местного управления, А – автоматическое управление, Вр – режим ввода резерва, О − режим опробования.

SB1 − Кнопка управления (обычно красного цвета) или кнопка отключения. Предназначена для отключения технологических установок персоналом по эксплуатации.

SB2 − Кнопка управления (обычно черного цвета) или кнопка включения. Предназначена для включения технологических установок персоналом по эксплуатации.

K1 − Реле. Предназначены для реализации логических функций алгоритма управления. Под реле понимается техническое устройство, имеющее два устойчивых состояния. Причем переход из одного в другое возможен только при приложении (или прекращении) внешнего воздействия.

КК − Тепловое реле. Предназначены для защиты электродвигателей от перегрузки. При возникновении перегрузки электродвигателя контакт КК теплового реле, включаемый в цепь управления, размыкается, что обусловливает отключение двигателя от электрической сети.

QS − Путевые (конечные) выключатели. Предназначены для формирования сигнала, о достижении какой – либо геометрической координаты предельного значения. Контакты конечных выключателей размыкаются при полностью открытых или закрытых задвижках, оставаясь замкнутыми в промежуточных положениях.

КМ − Магнитные пускатели (контакторы). Предназначены для подключения электродвигателей к электрической сети при подаче напряжения на катушку магнитного пускателя.

### 8.3 Автоматизация работы насосных станций

Основными процессами, которые могут выполняться на насосных станциях автоматически, являются:

− возникновение и передача импульсов на пуск и остановку насосов;

− включение одного или нескольких насосов в установленной последовательности;

− создание и поддержание необходимого разрежения во всасывающем трубопроводе и насосе, если он находится не под заливом, перед пуском,

− открытие и закрытие задвижек в определенные моменты при пуске и остановке;

− отключение работающего насоса при неисправности и включение резервного агрегата;

− защита насосов от работы в недопустимых режимах;

− передача сигналов о работе на диспетчерский пункт;

− отопление и вентиляция здания;

− включение и выключение дренажных насосов.

Контролю должны подвергаться следующие основные технологические параметры: расход жидкости, уровни в приемном резервуаре и в дренажном приямке, давление в напорных трубопроводах, давление у каждого насосного агрегата.

Комплексная схема автоматизации насосного агрегата обычно состоит из следующих отдельных частей:

− схема автоматизации залива насоса – управляет работой вакуум-насоса для залива,

− схема автоматизации напорной задвижки,

− схема автоматизации электропривода насоса – управляет работой электродвигателя,

− схема взаимосвязи – обеспечивает последовательность действия системы в целом и осуществляет необходимые блокировки и автоматическую защиту агрегата и сигнализацию.

Основой схем автоматизации насосных станций является применение реле и датчиков различного типа.

Реле представляет собой устройство, осуществляющее скачкообразное изменение управляемой величины при определенных значениях управляющей величины.

Управляемой величиной служит, как правило, электрическое напряжение или ток. Управляющими величинами могут быть электрические сигналы от датчиков давления, температуры, уровня и т.д., механические перемещения, промежутки времени и т.д.

Датчики – устройства, воспринимающие контролируемую величину (например, давление или уровень воды в баке) и преобразующие ее в сигнал, удобный для передачи на расстояние. Для автоматизации насосной станции необходимы датчики расхода, давления, уровня, температуры, влажности и вязкости.

В настоящее время происходит переход от релейно-контактных схем автоматизации насосных станций к электронным схемам управления на основе компьютеров. Преимущества – высокая надежность, быстрота реагирования, легкая гибкость и перестраиваемость схем, низкая стоимость.

Таблица 8.1 – Спецификация насосов

| Наименование | Кол-во | $n_{об}$,мин$^{-1}$ | $N$,кВт |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 400Д – 190Ф | 6 | 980 | 160 |
| Д 1250 - 125 | 6 | 1500 | 630 |
| 14Д6 - 4 | 2 | 1500 | 630 |
| LS 250 – 500 – S2NL1 | 4 | 1489 | 250 |

## 8.4 Датчики уровня воды

Для контроля уровня жидких и сыпучих сред (воды, породы, угля, силоса и т. д.) применяют блоки контроля сопротивлений БКС – 3, принцип работы которых заключается в следующем.

В комплект блока входят электроды, контролирующие уровень среды, источник напряжения, усилитель и исполнительное реле. Контролируемая среда (в частности, вода) характеризуется конечным значением электрического сопротивления, поэтому когда вода касается электрода, контролирующим верхний уровень , между этим электродом и электродом,

контролирующий нижний уровень, протекает электрический ток от источника напряжения, входящего в состав БКС. Значение этого тока очень мало, т. к. электрическое сопротивление контролируемой среды очень велико. Отмеченный малый токовый сигнал усиливается усилителем и подаётся на встроенное в БКС исполнительное реле, которое при заданном уровне срабатывает. При этом отключение реле произойдёт только после того, как уровень контролируемой среды велико. Отмеченный малый токовый сигнал усиливается усилителем и подаётся на встроенное в БКС исполнительное реле, которое при заданном уровне среды срабатывает. При этом отключение реле произойдёт только после того, как уровень контролируемой среды понизится ниже электрода нижнего уровня.

Для контроля нескольких уровней среды в схемах автоматизации используют несколько БКС.

В современных системах автоматизации насосных станции в качестве датчиков уровня широко используются блоки контроля сопротивлений БКС −3.1 и БКС – 3.2.

Диапазон контролируемых сопротивлений блоков 0 – 6300 к Ом.

Напряжение питания 220 В, 50 Гц.

Длительно допустимых ток в цепи контакта 4А.

Блок БКС – 3.1 предназначен для контроля одного уровня воды. При достижении заданного уровня воды в резервуаре срабатывает реле KSL1, отключение которого происходит после понижения уровня воды в резервуаре ниже уровня электрода.

Блок БКС – 3.1 используется в системах автоматизации насосных станций при небольшой частоте измерений уровня жидкости в резервуаре. Если частота измерений уровня жидкости в резервуаре

# ГЛАВА 9

# Экономика

## 9.1 Общие положения

Состав и порядок разработки сметной документации регламентирован Методикой определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации.

В дипломном проекте комплект сметной документации разрабатывается для определения сметной стоимости строительно-монтажных работ при водоснабжение промпредприятия и жилой зоны поселка: локального сметного расчета, составленного по форме №4 МДС 81-35.2004;

Первичными документами при определении сметной стоимости строительства являются локальные сметные расчеты (сметы).

В локальных сметных расчетах стоимость работ может производиться в двух уровнях цен:

1. в базисном уровне, определяемом на основе действующих сметных норм и цен 2001 г.;
2. на текущем (прогнозном) уровне – на основе цен, сложившихся ко времени составления смет или прогнозируемых к периоду осуществления строительства.

Локальные сметы разрабатываются на основе ГЭСН (Государственные элементы сметных норм), ФЕР (Федеральные единичные расценки), ТЕР (Территориальные единичные расценки).

При выполнении дипломного проекта была использована нормативная база 2001 года (ТЕР) с последующим пересчетом стоимости строительства в цены 2016 года (на II квартал 2016 года). Индекс изменения сметной стоимости для СМР по Красноярскому краю равен 6,38.

По методам расчета и экономическому содержанию сметная стоимость строительно-монтажных работ ($С_{смр}$) слагается из затрат на строительное производство и сметную прибыль. Затраты на производство работ делятся на две группы: прямые затраты и накладные расходы.

Прямые затраты непосредственно связаны с выполнением СМР. Они состоят из следующих ресурсов:

1. трудовых (средства на оплату труда рабочих, занятых на основном производстве (ОЗП), а также машинистов, учитываемые в стоимости эксплуатации строительных машин и механизмов) МДС 83-1.99;
2. материальных (затраты на материалы (М), изделия, конструкции, полуфабрикаты, включая затраты на их транспортировку к месту производству работ, погрузку и разгрузку) МДС 81-35.2004;
3. технических (затраты на эксплуатацию строительных машин, механизмов и механизмов и оборудования (ЭММ)) МДС 81-3.99 .

Величина прямых затрат определяется прямым счетом на основании физических объемов работ по конструктивным элементам, видам работ и на основании сметных норм и цен на ресурсы. Прямые затраты на единицу измерения работы называются единичной расценкой и приводятся в сборниках ФЕР, ТЕР и др.( МДС 81-33.2004).

По своему назначению накладные расходы (НР) делятся на 4 группы:

1. АХР – административно-хозяйственные расходы (43,45%);
2. РОР – расходы на обслуживание работников строительства (37,32%);
3. РОПР – расходы на организацию и производство работ (15,7%);
4. ПР – прочие накладные расходы (3,53%).

Прямые затраты и накладные расходы в сумме образуют сметную себестоимость работ.

Сметная прибыль – это нормативная (гарантированная) прибыль подрядной организации в составе сметной стоимости строительной продукции, необходимая для покрытия расходов строительной организации на развитие производства, социальной сферы и материальное стимулирование работников.

Порядок определения и нормативы сметной прибыли даны в МДС 81-25.2001 [6]. Сметная прибыль не относится к себестоимости работ.

При составлении локальных сметных расчетов (смет) без деления на разделы, начисление сметной прибыли производится в конце сметы, а при формировании по разделам – в конце каждого раздела и в целом по сметному расчету.

Накладные расходы и сметная прибыль рассчитываются в процентах от принятой базы исчисления – фонда оплаты труда рабочих-строителей и механизаторов (ФОТ) в составе прямых затрат.

Для определения полной сметной стоимости строительно-монтажных работ в локальный сметный расчет, в том случае когда на его основе дальше не будут составляться объектная смета и/или сводный сметный расчет стоимости строительства, включаются лимитированные затраты и начисляется налог на добавленную стоимость (НДС).

К лимитированным затратам относят:

1. затраты на возведение временных зданий и сооружений (ГСН 81-05-01-2001) [22];
2. удорожание при производстве работ в зимний период (ГСН 81-05-02-2001) [23];
3. резерв средств на непредвиденные работы и затраты (не более 2% для объектов социальной сферы).

НДС определяют в размере 18 % на суммарную сметную стоимость всех выполненных работ и затрат, включая лимитированные.

При составлении смет (расчетов) могут применяться различные методы определения сметной стоимости: ресурсный, ресурсно-индексный; базисно-индексный.

Составление смет по единичным расценкам базисно-индексным методом является приоритетным в новой системе ценообразования.

Ресурсный метод, ввиду своей трудоемкости, получил большое распространение при составлении небольших смет с ограниченной номенклатурой ресурсов.

Базисно-индексный метод предусматривает применение индексов (коэффициентов) для изменения сметной стоимости (как общей, так и отдельных элементов по статьям затрат) с пересчетом из базисного в текущий уровень цен.

### 9.2 Анализ сметной стоимости

Анализ сметных расчетов предполагает определение структуры локального сметного расчета по экономическим элементам.

Сметная стоимость строительства предприятий, зданий и сооружений – это сумма денежных средств необходимых для осуществления строительства в соответствии с проектными материалами.

Структурой сметной стоимости строительства (строительно-монтажных работ) называют распределение общей стоимости по группам затрат, с указанием их удельного веса.

Структура локального сметного расчета на санитарно-технические работы по экономическим элементам представлена в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Анализ сметной стоимости строительно-монтажных работ по элементам затрат

| Элементы | Сметная стоимость | |
|---|---|---|
| | Сумма, тыс.руб. | Удельный вес, % |
| Прямые затраты, всего | 158102,37 | 84,75 |
| в том числе: | | |
| Материальные затраты | 148818,91 | 79,77 |
| Эксплуатация машин | 4365,52 | 2,34 |
| Основная заработная плата | 3022,38 | 1,02 |
| Накладные расходы | 1455,27 | 0,78 |
| Сметная прибыль | 1567,11 | 0,84 |
| НДС | 28458,43 | 15,25 |
| Итого: | 186560,8 | 100 |

Структура сметной стоимости локального сметного расчета экономическим элементам приведена на рисунке 9.1.

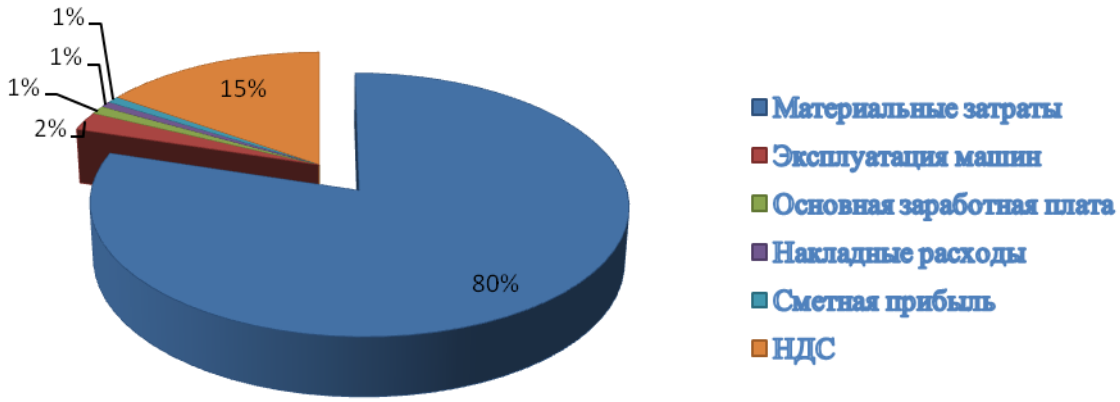



Рисунок 9.1 – Структура сметной стоимости строительно-монтажных работ по удельным весам (%)

Как мы видим из диаграммы структурной сметной стоимости строительно-монтажных работ по удельным весам (%), наибольший удельный вес приходится на материальные затраты – 78,2% ,а наименьший на сметную прибыль – 1,1%.

Анализ сметной стоимости по разделам приведен на рисунке 10.2

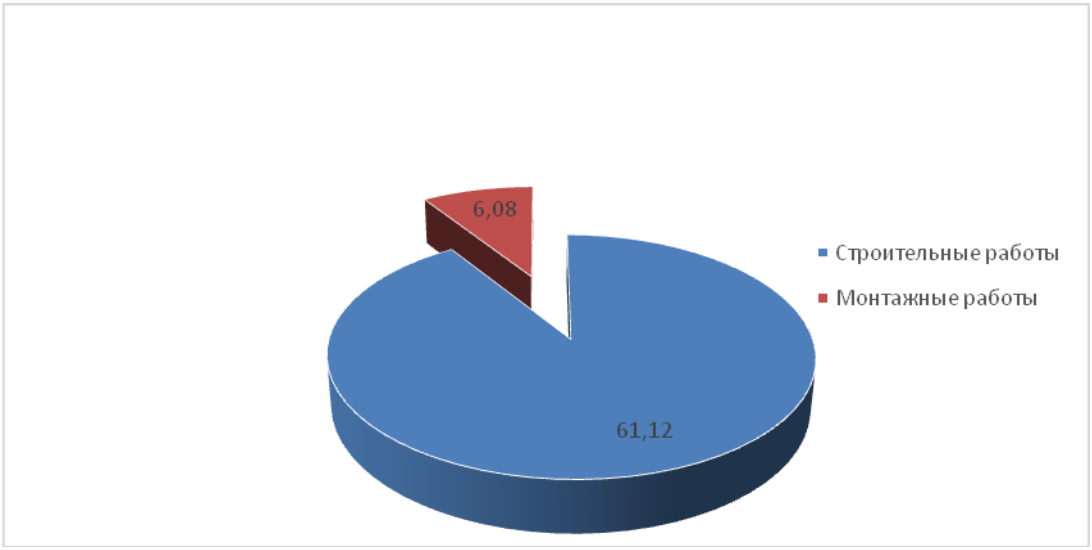



Рисунок 9.2 – Процентное соотношение сметной стоимости по основным видам строительно-монтажных работ.

Как мы видим из диаграммы строительно-монтажных работ по удельным весам (%), наибольший удельный вес приходится на строительные ра-

боты (строительство насосной станции) – 93,92% , а наименьший удельный вес на монтажные работы (монтаж оборудования)- 6,08%

### 9.2 Расчет годовых эксплуатационных затрат

Обязательной частью технического или техно - рабочего проекта является смета годовых эксплуатационных расходов, которую составляю по основным статьям затрат: заработная плата обслуживающего персонала с начислением на социальное страхование; стоимость электроэнергии; текущий ремонт; прочие затраты и амортизационные отчисления.

Годовые эксплуатационные затраты складываются по отдельным элементам годовых затрат по формуле

$$С_Э = С_{з/пл} + С_{эл} + С_в + С_{тр} + С_{ам} + С_т + С_{пр}, \quad (9.1)$$

где $С_{з/п}$ − заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальное страхование, тыс. руб.;

$С_{эл}$ − стоимость электроэнергии, тыс. руб.;

$С_в$ − стоимость воды, используемой на собственные нужды, тыс. руб.;

$С_{тр}$ − затраты на текущий ремонт основных фондов и прочие расходы, тыс. руб.;

$С_{ам}$ − амортизационные отчисления, тыс. руб.;

$С_т$ – отчисления на тепло, тыс. руб.;

$С_{пр}$ – прочие расходы, тыс. руб.

$С_Э$=3564,5+19387,07+6,41+11905,52+1581,02+3094=39538 тыс.руб.

#### 9.2.1 Расходы на заработную плату и отчисления на социальное страхование

Заработная плата зависит от численности эксплуатационного персонала по категориям работающих, годового фонда работающих и районного коэффициента, данные приведены в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Фонд заработной платы

| Категория работника | Численность | Месячный тарифный фонд, руб. | Годовой фонд, тыс.руб. |
|---|---|---|---|
| ИТР | 3 | 92185,24 | 1106,223 |
| Рабочие | 10 | 204856,08 | 2458,273 |
| МОП | 5 | 76821,03 | 921,852 |
| Итого | 18 | 297041,32 | 3564,496 |

При численности обслуживающего персонала годовой фонд оплаты труда с учетом всех социальных отчислений и квалификационных коэффициентов рассчитан по формуле

$$C_{З/П} = 12MPOT \cdot n \cdot K_р \cdot K_{от.} \cdot Ч \quad (9.2)$$

где МРОТ – минимальный размер оплаты труда, 6204рублей (до 1 июля 2016)

$n$ – коэффициент квалификации сотрудника,0,5-3

$K_р$ – районный коэффициент, 1,3

$K_{от}$ – коэффициенты отчислений

$Ч$ – число сотрудников.

Следовательно:

$$C_{З/П} = 12 \cdot 6204 \cdot 3 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}27 \cdot 3 = 1106{,}223 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{З/П} = 12 \cdot 6204 \cdot 2 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}27 \cdot 10 = 2458{,}273 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_{З/П} = 12 \cdot 6204 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}27 \cdot 5 = 921{,}852 \text{ тыс. руб.}$$

### 9.3.2 Стоимость электроэнергии

Расчет стоимости электроэнергии производится на основе действующих тарифов на электрическую энергию и данные по потребляемой мощности электросилового оборудования.

Показатели мощности электросилового приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Характеристика электросиловых агрегатов

| Наименование электросиловых агрегатов | Количество рабочих агрегатов | Мощность единицы, кВт | Мощность, кВт |
|---|---|---|---|
| Насос марки LS 250 – 500 – S2NL1 25004 | 2 | 250 | 500 |
| Насос марки 400Д – 190Ф | 3 | 160 | 480 |
| Насос марки Д 1250 – 125 и 4Д6 – 4 | 4 | 630 | 2520 |
| Итого: | 9 | 1040 | 3500 |

Расчет затрат по электроэнергии определенных групп потребителей осуществляется по двухставочному тарифу.

Присоединяемая мощность определяется по формуле

$$N = \frac{P \cdot N_{общ} \cdot K_0}{cos\varphi} = \frac{1{,}5 \cdot 3500 \cdot 1{,}05}{0{,}9} = 6125 \text{ кВт}, \quad (9.3)$$

где $N_{общ}$ – сумма мощностей всех рабочих электроприемников;

$P$ – коэффициент, учитывающий трансформаторный резерв, 1,5;

$K_0$ – коэффициент, учитывающий электросветильную нагрузку, 1,05;

$cos\varphi$ – коэффициент мощности электродвигателя, 0,9.

Так как N=6125 кВт >750 кВт, то стоимость электроэнергии считаем по двухставочному тарифу

$$C_{эл} = \frac{T_2 \cdot W}{10^5} + 12 \cdot T_м \cdot \sum N_i, \quad (9.4)$$

где $T_1$ – ставка за электроэнергию для потребителей с присоединенной мощностью, 117,85 руб./МВт·ч

$T_м$ – ставка за мощность в месяц, 461596,62руб/МВт;

$W$ – годовой расход потребляемой электроэнергии, кВт·ч.

Годовой расход потребляемой электроэнергии определяется по формуле

$$W = 365 \cdot 24 \cdot P \cdot K_o \cdot N_{общ} = 365 \cdot 24 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}05 \cdot 6125 = 84506625 \text{кВт} \cdot \text{ч} \quad (9.5)$$

$$C_{эл} = \frac{117{,}85 \cdot 84506{,}625}{10^6} + 12 \cdot 461596{,}62 \cdot 3{,}5 = 19387{,}07 \text{ тыс. руб./год.}$$

### 9.3.3 Стоимость воды, используемой на собственные нужды

Затраты на воду $С_в$, тыс. руб., определяется из расчетного годового расхода на собственные нужды и тарифов на воду:

$$С_в = Q_{соб} \cdot Ц_в/1000, \quad (9.6)$$

где $Ц_в$ = 13,00 руб./м3 – тариф на питьевую воду;

$Q_{соб}$ – расход воды на собственные нужды.

Годовой расход на собственные нужды, определяется по формуле:

$$Q_{соб} = 75 \cdot n_1 \cdot 365/1000, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (9.7)$$

где $n_1$ – число работающих и число рабочих. Их 18.

$$Q_{соб} = 75 \cdot 18 \cdot 365/1000 = 492{,}75 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отсюда стоимость воды на собственные нужды будет составлять:

$С_в$ = 492,75·13,00/1000=6,41 тыс. руб.

### 9.3.4 Амортизационные отчисления

Стоимость амортизационных отчислений определяется на основе норм амортизации и сметной стоимости строительства объекта.

Нормы амортизационных отчислений: для оборудования 8%; для сетей 4,5%.

Амортизационные отчисления:

$C_{ам}$ = 148818,91*8%=11905,52 тыс. руб./год.

### 9.3.5 Затраты на текущий ремонт и прочие расходы

Затраты на текущий ремонт принимаются в размере 1% от сметной стоимости строительства объекта:

$C_{тр}$= 0,01 · 158102,37 = 1581,02 тыс. руб./год.

Прочие расходы принимаются в размере 20% от суммы амортизационных отчислений и заработной платы обслуживающего персонала:

$$C_{пр} = 0{,}2 \cdot \left(C_{ам} + C_{з/пл}\right), \tag{9.8}$$

$$C_{пр} = 0{,}2 \cdot \left(11905{,}52 + 3564{,}496\right) = 3094 \text{тыс. руб.}$$

## 9.4 Расчет технико-экономических показателей проекта

Из приведенных в таблице 9.4 значений можно увидеть технико-экономические показатели проекта.

Таблица 9.4 – Технико-экономические показатели проекта.

| Наименование показателей | Ед. изм. | Количество |
|---|---|---|
| Сметная стоимость | тыс.руб. | 158102,37 |
| Эксплуатационные затраты: | тыс.руб | 39538 |
| Затраты на оплату труда обслуживающего персонала | тыс.руб | 3564,5 |
| Стоимость электроэнергии | тыс.руб | 19387,07 |
| Воды на собственные нужды | тыс.руб | 6,41 |
| Амортизационные затраты | тыс.руб | 11905,52 |
| Затраты на тек ремонт | тыс.руб | 1581,02 |
| Прочие расходы | тыс.руб | 3094 |

Эксплуатационные затраты на год составляют 3564000 рублей.

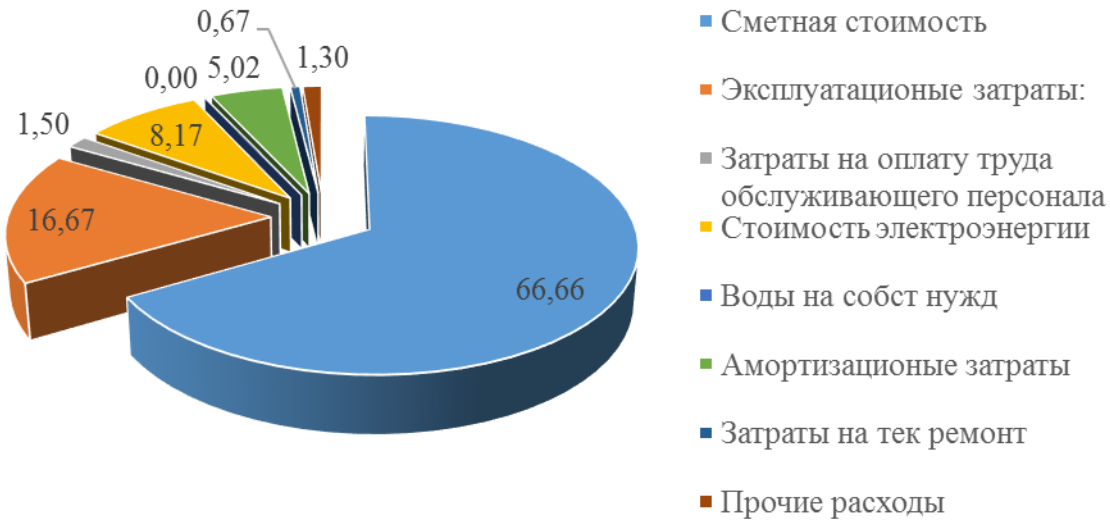



Рисунок 9.3 – Процентное соотношение технико-экономических показателей проекта.

Как мы видим из диаграмме процентного соотношения технико-экономических показаний, удельный вес приходится на сметную стоимость – 66,66% и на эксплуатационные затраты приходится 16,67%.

Приложение А - Локальный сметный расчет

| № п/п | Номера смет и сметных расчётов | Наименование глав, объектов, работ и затрат | Сметная стоимость (тыс.руб.) в ценах 2001г | | | | Общая смет-ная стоимость |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Строительных работ | Монтажных работ | Оборудова-ние и инвент | Прочие затраты | |
| | | ГЛАВА1. Подготовка территории строительства. | | | | | |
| | | | | | | | |
| 1 | Расчёт №1 | Затраты на разбивку основных осей,перенос их в | | | | 36,44 | 36,44 |
| | | натуру | | | | | |
| | | | | | | | |
| | Акт от 17.03.2011г | Восстановительная стоимость зелёных насаждений | | | | 307,27 | 307,27 |
| | | 1568,52/1,18/4,2/1,03=307,27 тыс.руб. | | | | | |
| 2 | 989-1-0-ГП-СР/1 | Подготовительные работы | 59,84 | | | | 59,84 |
| | | | | | | | |
| | | Итого по главе 1 | 59,84 | | | 343,71 | 403,55 |
| | | | | | | | |
| | | ГЛАВА2. Основные объекты строительства | | | | | |
| | | | | | | | |
| 3 | 989-0-С1-НВ-СР/1 | Водовод от точки подключения до узла повыситель- | 9858,31 | | | | 9858,31 |
| | | ной насосной станции | | | | | |
| | | | | | | | |
| 4 | 989-0-С1-НВ-СР/1-1доп | Водовод от точки подключения до узла повыситель- | -1529,04 | | | | -1529,04 |
| | | ной насосной станции | | | | | |
| | | | | | | | |
| 5 | 989-1-1-ОСР/3 | Повысительная насосная станция | 2634,32 | 690,59 | 7427,96 | | 10752,87 |
| | | | | | | | |
| 6 | 989-1-2/1;2/2-ОСР/5 | Резервуары для воды W=3000м3 (2 шт) | 7443,06 | 17,29 | 2,34 | | 7462,69 |
| | | | | | | | |
| 7 | 989-1-3/1;3/2;3/3;3/4 | Фильтры-поглотители (4 шт) | 1445,14 | 221,59 | 115,51 | | 1782,24 |
| | ОСР/1 | | | | | | |
| 8 | 989-1-6-ОСР/1 | Камера перереключения | 338,41 | 40,82 | 740,00 | | 1119,23 |
| | | | | | | | |
| 9 | 989-1-4-ОСР/1 | Резервуар дождевых вод | 155,96 | 8,13 | 1,99 | | 166,08 |
| | | | | | | | |
| 10 | 989-1-0-ТК-СР/1 | Технологические коммуникации | 2109,16 | 2,42 | | | 2111,58 |
| | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ИТОГО по главе 2 | 22455,32 | 980,84 | 8287,80 | | 31723,96 |
| | | | | | | | |
| | | Глава3.Объекты подсобного и обслуживающего назначения. | | | | | |
| | | | | | | | |
| 11 | 989-1-5-ОСР/2 | Проходной пункт | 236,72 | 21,47 | 14,98 | | 273,17 |
| | | | | | | | |
| | | Итого по главе 3. | 236,72 | 21,47 | 14,98 | | 273,17 |
| | | | | | | | |
| | | ГЛАВА 4.Объекты энергетического хозяйства | | | | | |
| | | | | | | | |
| 12 | 989-0-0-ЭЛ-СР/1 | Внешнее электроснабжение | 23,53 | 368,63 | 153,84 | | 546,00 |
| | | | | | | | |
| 13 | 989-1-0-ЭМ-СР/1 | Наружные кабельные сети и освещение территории | 49,67 | 150,75 | 25,46 | | 225,88 |
| | | | | | | | |
| | | Итого по главе 4 | 73,20 | 519,38 | 179,30 | | 771,88 |
| | | | | | | | |
| | | Глава 5.Объекты транспортного хозяйства и связи | | | | | |
| | | | | | | | |
| 14 | 989-1-0-ОС-СР/1 | Периметральная охранная сигнализация | 26,58 | 34,65 | 19,34 | | 80,57 |
| | | | | | | | |
| 15 | 989-1-1;5;0-СС-СР/1 | Связь территории | 3,52 | 23,11 | 68,75 | | 95,38 |
| | | | | | | | |
| | | Итого по главе 5 | 30,10 | 57,76 | 88,09 | | 175,95 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | ГЛАВА 7. Благоустройство и озеленение территории. | | | | | |
| | | | | | | | |
| 16 | 989-1-0-ГП-СР/2 | Вертикальная планировка | 270,50 | | | | 270,50 |
| | | | | | | | |
| 17 | 989-1-0-ГП-СР/3 | Благоустройство | 1422,06 | | | | 1422,06 |
| | | | | | | | |
| 18 | 989-1-0-ГП-СР/3-1доп | Благоустройство | -88,45 | | | | -88,45 |
| | | | | | | | |
| 19 | 989-1-0-ГП-СР/3-2доп | Благоустройство | -58,50 | | | | -58,50 |
| | | | | | | | |
| | | ИТОГО по главе 7 | 1545,61 | | | | 1545,61 |
| | | | | | | | |
| | | ИТОГО по главам 1 - 7 | 24400,79 | 1579,45 | 8570,17 | 343,71 | 34894,12 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ГЛАВА 8.Временные здания и сооружения. | | | | | |
| | | | | | | | |
| 20 | ГСН 81- 05-2001 | Временные здания и сооружения 2,4% | 585,62 | 37,91 | | | 623,53 |
| | п.4.6 | | | | | | |
| | | ИТОГО по главе 8 | 585,62 | 37,91 | | | 623,53 |
| | | | | | | | |
| | | ИТОГО по главам 1-8 | 24986,41 | 1617,36 | 8570,17 | 343,71 | 35517,65 |
| | | | | | | | |
| | | ГЛАВА 9. ПРОЧИЕ РАБОТЫ И ЗАТРАТЫ | | | | | |
| | | | | | | | |
| 21 | ГСН81-05-02-7 | Зимние удорожания 5,7% | 1424,23 | 92,19 | | | 1516,42 |
| | п.13.4.1 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 22 | Минстрой России | Средства на покрытие затрат строительных рисков | | | | | |
| | №ВБ-20-409/12 | по платежам (страховым взносам) строительных | | | | | |
| | | рисков 1% | | | | 266,04 | 266,04 |
| | | | | | | | |
| 23 | 989-ООС.ПЗ | Плата за выброс в воздух загрязнеющих | | | | | |
| | таб.3.01 | веществ от строительной техники | | | | 0,53 | 0,53 |
| | | (4,59+2221,9)/4,2/1000=0,53тыс.руб. | | | | | |
| | | | | | | | |
| 24 | 989-1-0-ОСР/1П | Пуско-наладочные работы вхолостую | | | | 91,51 | 91,51 |
| | | | | | | | |
| | | ИТОГО по главе 9 | 1424,23 | 92,19 | | 358,08 | 1874,50 |
| | | | | | | | |
| | | ИТОГО по главам 1-9 | 26410,63 | 1709,55 | 8570,17 | 701,79 | 37392,14 |
| | | | | | | | |
| | | ГЛАВА 12. Проектные изыскательские работы . | | | | | |
| | | | | | | | |
| 25 | Сводная смета №1СВ/16/204 | Проектные работы | | | | 1354,79 | 1354,79 |
| | п.п.1-3 | ((6977,948+287,147+236,292)/1,18/3,05)*0,65=1354,79тыс.руб. | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 26 | Сводная смета №1СВ | Изыскательские работы | | | | 94,18 | 94,18 |
| | п.4. | 345,624/1,18/3,11=94,18тыс.руб. | | | | | |
| | | | | | | | |
| 27 | МДС 81-35-2004 п.4.91 | Авторский надзор 0,2% | | | | 74,78 | 74,78 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | Контракт от16.12.2010 | Экспертиза проекта | | | | 141,97 | 141,97 |
| | | 510,74:1,18:2,989:1,02=141,97тыс.руб. | | | | | |
| | | Итого по главе 12 | | | | 1665,73 | 1665,73 |
| | | | | | | | |
| | | Итого по главам 1-12 | 26410,63 | 1709,55 | 8570,17 | 2367,52 | 39057,87 |
| | | | | | | | |
| 29 | МДС81-35.2004 п.4.96 | Резерв средств на непредвиденные работы и | | | | | |
| | | затраты 3% | 792,32 | 51,28 | 257,11 | 71,03 | 1171,74 |
| | | | | | | | |
| | | ИТОГО по сводному сметному расчёту в базис- | 27202,95 | 1760,83 | 8827,28 | 2438,54 | 40229,61 |
| | | ных ценах 2001г. | | | | | |
| | | в т.ч. возврат | | | | | |
| | | Итого в текущих ценах на 2016 г. | | | | | |
| | | Индексы изменения стоимости к уровню цен на | 139551,15 | 9033,04 | 27188,01 | 8363,62 | 184135,82 |
| | | 01.01.2000 г. | | | | | |
| | | | | | | | |
| 30 | Информац. материалы | СМР -5,13 | | | | | |
| | для строит.Выпуск 0.3.2010 | | | | | | |
| 31 | Письмо Минрегиона | оборудование - 3,08 | | | | | |
| | №39160-КК/08 | | | | | | |
| | от 18.11.2010г. | | | | | | |
| 32 | - " - | Прочие - 4,2 | | | | 2963,58 | |
| | | | | | | | |
| 33 | | Пуско -наладочные работы вхолостую - 6,84 | | | | 644,71 | |
| | | | | | | | |
| 34 | Сводная смета№1СВ/ | ПИР (5100,549/1,18)=4322,5 тыс.руб. | | | | 4322,50 | |
| | 16/204 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 35 | Постанов.Правит. РФ | Экспертиза проекта | | | | 432,83 | |
| | № 145 от05.03.2007г. | 510,74:1,18=432,83 тыс.руб. | | | | | |
| | | | | | | | |
| 36 | Постанов.Правит. РФ | НДС 18% | 25119,21 | 1625,95 | 4893,84 | 1505,45 | 33144,45 |
| | | | | | | | |
| | | ИТОГО по сводному сметному расчёту | 164670,36 | 10658,99 | 32081,85 | 9869,07 | 217280,27 |
| | | | Выполнил | Соболев | | | |
| | | | Проверил | Категорская | | | |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ


1. СП 31.13330.2012 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения" (Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*) / Министерства регионального развития РФ. – М.: ТК 465 «Строительство», 2012.
2. СП 30.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85* / Министерства регионального развития РФ. – М.: ТК 465 «Строительство», 2012.
3. Репин, Б.Н. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения: справочник /Б.Н. Репин. – М.: Высш. шк., 1995.
4. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочник /А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984.
5. Образовский, А.С. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников: учебное пособие /под ред. К.А. Михайлова, А.С. Образовского. – М.: Стройиздат, 1976.
6. СП 101.13330.2012 «СНиП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения / Министерства регионального развития РФ. – М.: ТК 465 «Строительство», 2012.
7. Абрамов, Н.Н. Водоснабжение: учебное пособие /Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1974.
8. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения: науч. изд. / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. М.Г. Журбы Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001.
9. Смирнов, П.И. Проектирование и расчет очистных сооружений водопроводов: учебное пособие / Л.А. Кульский, М.Н. Булава, И.Т. Гороновский, П.И. Смирнов. – Киев, Будівельник, 1972.
10. Мосвитин, А.С. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений: учебное пособие /Под ред. А.С. Москвитина. – М.: Стройиздат, 1979.
11. Кожинов, В.Ф. Очистка питьевой и технической воды: учебное пособие / Кожинов В.Ф. – М., Стройиздат, 1971.
12. Жульба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 2. Очистка и кондиционирование природных вод: науч изд. / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. М.Г. Журбы Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001.
13. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3-х т. – Т 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения: науч. изд. / Научно-методическое руководство и общая редакция докт. техн. наук, проф. М.Г. Журбы Вологда – Москва: ВоГТУ, 2001.
14. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», Минздрав России 2000 г.

15. ГН 2.1.5.1315−03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». М.: Минздрав России , 2003.
16. ГОСТ 2761-84* Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.
17. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. контроль качества.
18. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД−86. ГОСКОМГИДРОМЕТ
19. ГН 2.1.6. 1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Минздрав России, М.: 2003 г.
20. СанПиН 2.2.1./2.1.1 1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», Минздрав России, М.: 2003 г.
21. Водный кодекс. Статья 65. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы
22. Методические указания по проектированию водоохранных зон водных объектов и их прибрежных защитных полос. Мин-во ПР РФ,1998 г.
23. СанПиН 2.1.4.1110-02 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения Госкомсанэпиднадзор РФ, 2002 г.
24. СП 101.13330.2012 «СНиП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения / Министерства регионального развития РФ. – М.: ТК 465 «Строительство», 2012.
25. Техника, технология и организация траншейной прокладки трубопроводов: методические указания к курсовому проекту для студентов 4 курса специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение». – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; Ин-т архитектуры и стр-ва, 2007.
26. ЕНиР. Сборник Е2. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы/Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1986.
27. Александров, А.А. Систем внешнего водоснабжения и канализации. Справочник монтажника: справочник /А.А. Александров и др. – М.: Стройиздат, 1988..
28. Шифрин, С.М. Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации газоснабжения: справочник /Под ред. С.М. Шифрина. – Л.: Стройиздат, 1976.
29. Трескунов, В.М. Охрана труда при эксплуатации систем водоснабжения и канализации: учебное пособие/В.И. Брежнев, В.М. Трескунов. – М.: Стройиздат, - 1976.

30. Карзухин, Н.Н. Охрана в водопроводно-канализационном хозяйстве: учебное пособие для техникумов/ Карзухин Н.Н., Трескунов В.М. – М.: Стройиздат, 1983.
31. Укрупненные показатели стоимости строительства (УПСС). Здания и сооружения внеплощадочных систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1980.
32. Укрупненные показатели стоимости строительства (УПСС). Здания и сооружения внеплощадочных систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1995.
33. СНиП IV-7-84. Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время /Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1995.
34. Панибратов, Ю.П. Экономические расчеты в курсовых и дипломных проектах: Учеб. пособие для строит. вузов / Под ред. Ю.П. Панибратова. – М.: Высшая школа, 1984.
35. Пояснительная записка к расчету индексов изменения стоимости строительно-монтажных работ / РЦЦС – Красноярск.
36. Начисление износа. – М.: «ПРИОР», 1995.
37. Басса, Г.М. Водоснабжение. Технико-экономические расчеты: учебное пособие / Под ред. Г.М. Басса. – Киев.: Издательское объединение «Высшая школа», 1977.

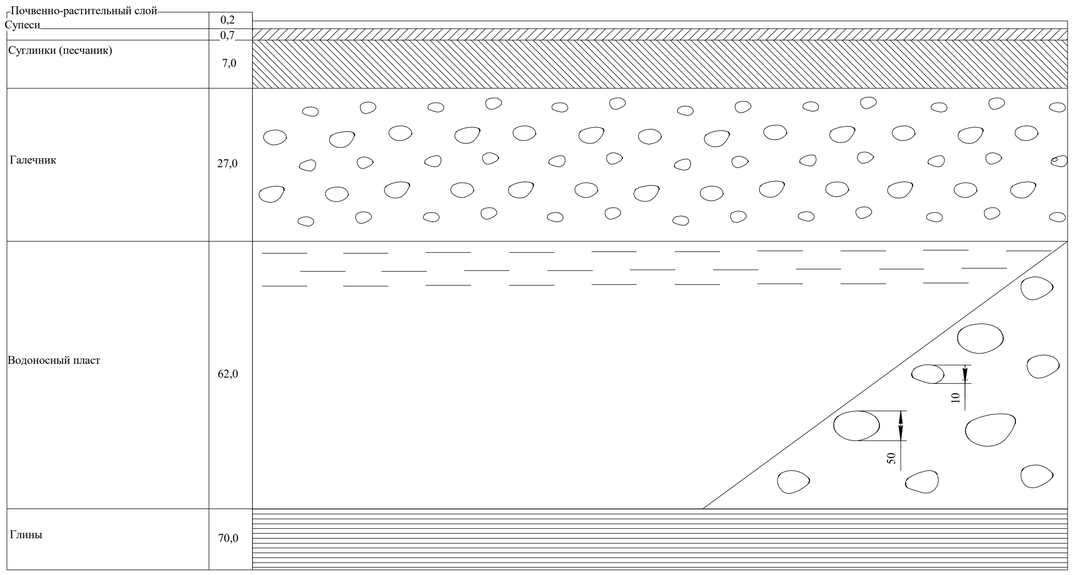
# Генплан района города М 1:10000

| | |
|---|---|
| 1 | Водозабор о. Татышев |
| 2 | Микрорайон Зеленая роща |
| 3 | Микрорайон Северный |
| 4 | Микрорайон Взлетка |
| 5 | Насосная станция 3 подъема Бадалык |
| 6 | Протока Татышева |

Насосная станция 1-го подъема о. Татышев

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ДП - 270112.65 - 2016 ГП | |
| | | | | | | | Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт | |
| Изм. | Кол.уч | Лист | №док. | Подпись | Дата | | | |
| Разработал | | Соболев | | | | | Реконструкция водозаборных сооружений инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки | Стадия: — / Лист: 1 / Листов: 10 |
| Руководит. | | Дубровская | | | | | | |
| Консульт. | | Дубровская | | | | | | |
| Н. контр. | | Дубровская | | | | | Генплан района города М1:10000 | Кафедра ИСЗиС |
| Зав. каф. | | Сакаш | | | | | | |

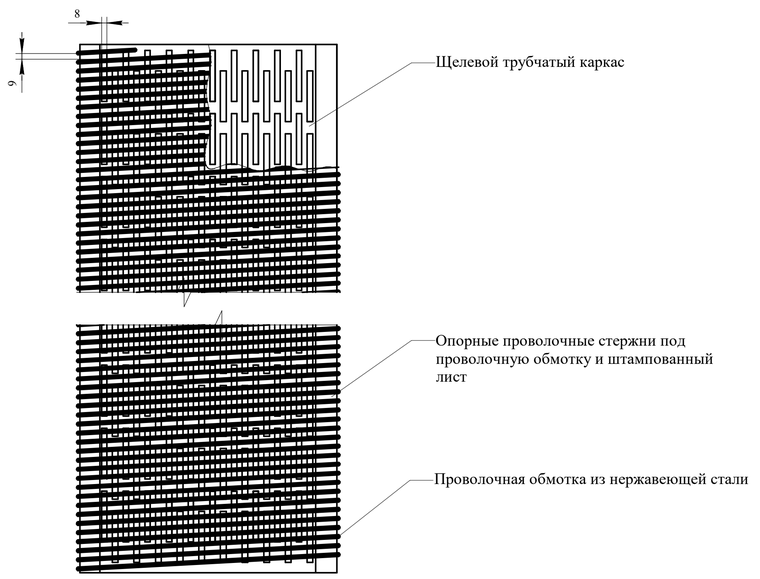
## Профиль грунта М 1:400




## Геолого-технический разрез скважин М 1:400

| Номер слоя | Порода | Геологический разрез | Мощность слоя, м | Глубина подошвы, м | Абсолютная отметка, м | Диаметр,мм Глубина,м обсадных труб | Геологический разрез | Мощность слоя, м | Глубина подошвы м | Абсолютная отметка, м | Диаметр,мм Глубина,м обсадных труб |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Абсолютная отметка | | | | | Абсолютная отметка | | | | |
| 1 | Почвенно-растительный слой | 142,9 | 0,2 | 0,2 | 142,7 | | №29 | 0,2 | 0,2 | 142,7 | |
| 2 | Супеси | | 0,5 | 0,7 | 142,2 | | | 0,5 | 0,7 | 142,2 | |
| 3 | Суглинки (песчаник) | Zст=135,9 Zдин=134,6 | 6,3 | 7,0 | 135,9 | | Zст=135,9 Zдин=134,6 | 6,3 | 7,0 | 135,9 | |
| 4 | Галечник | Zоп=131,2 | 20,0 | 27,0 | 115,9 | 475 —37,5 | Zоп=131,2 | 20,0 | 27,0 | 115,9 | 475 —37,5 |
| 5 | Водоносный пласт | | 35,0 | 62,0 | 80,9 | 325 —21,0 | | 35,0 | 62,0 | 80,9 | 325 —21,0 |
| 6 | Глины | | 8,0 | 70,0 | 72,9 | 150 —8,0 | | 8,0 | 70,0 | 72,9 | 150 —8,0 |

## Фильтр каркасно-щелевой с проволочной обмоткой М 1:50




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | №док. | Подпись | Дата |
| Разработал | Соболев | | | | |
| Руководит. | Дубровская | | | | |
| Консульт. | Дубровская | | | | |
| Н. контр. | Дубровская | | | | |
| Зав. каф. | Сакаш | | | | |

ДП-270112.65-2016 ВС

Сибирский Федеральный Университет
Инженерно-строительный институт

Реконструкция водозаборного сооружения инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки

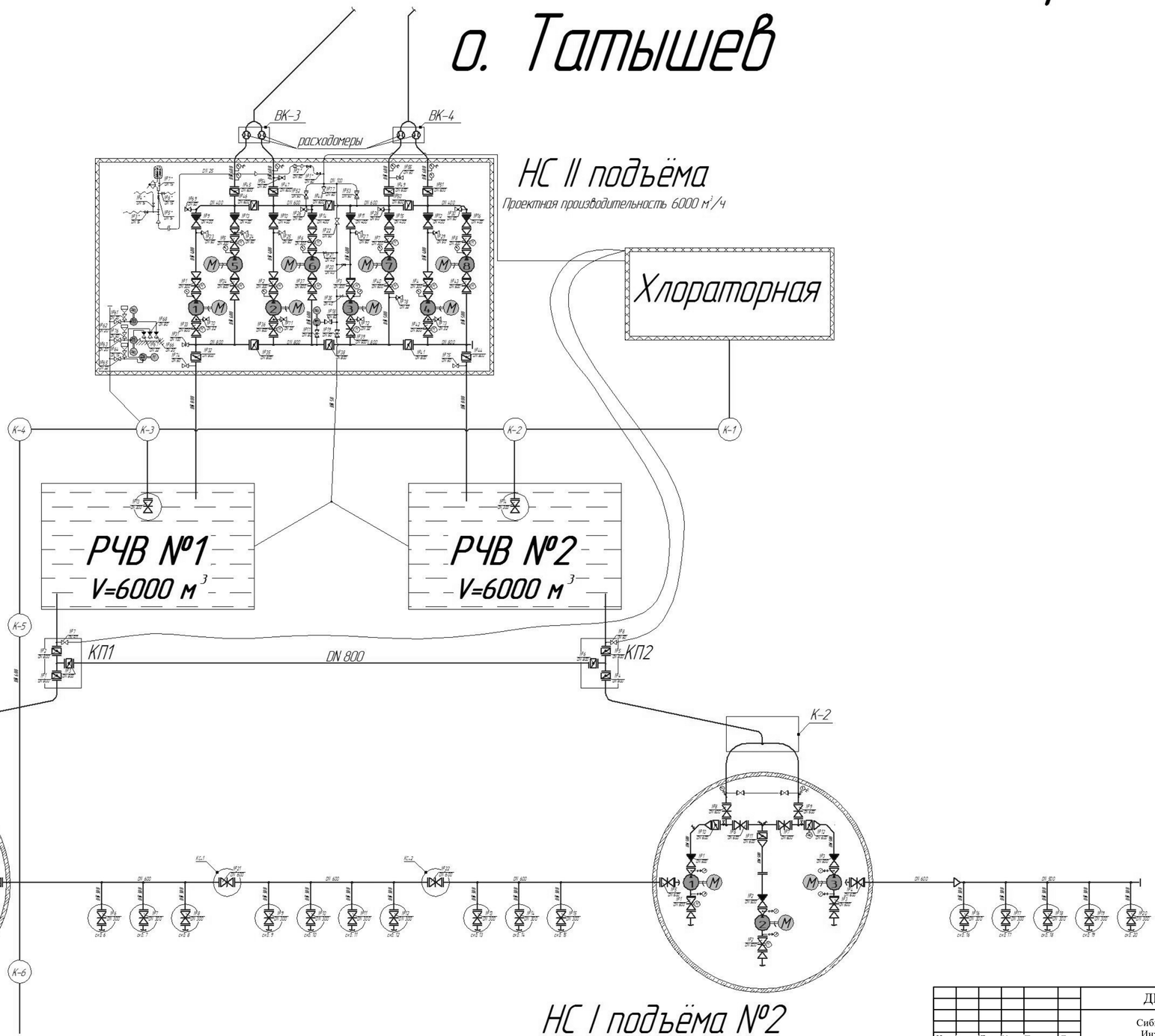
| Стадия | Лист | Листов |
|---|---|---|
| | 2 | 10 |

Профиль грунта М 1:400. Геолого-технологически разрез скважин М1:400. Фильтр каркасно-щелевой с проволочной обмоткой М 1:50

Кафедра ИСЗиС

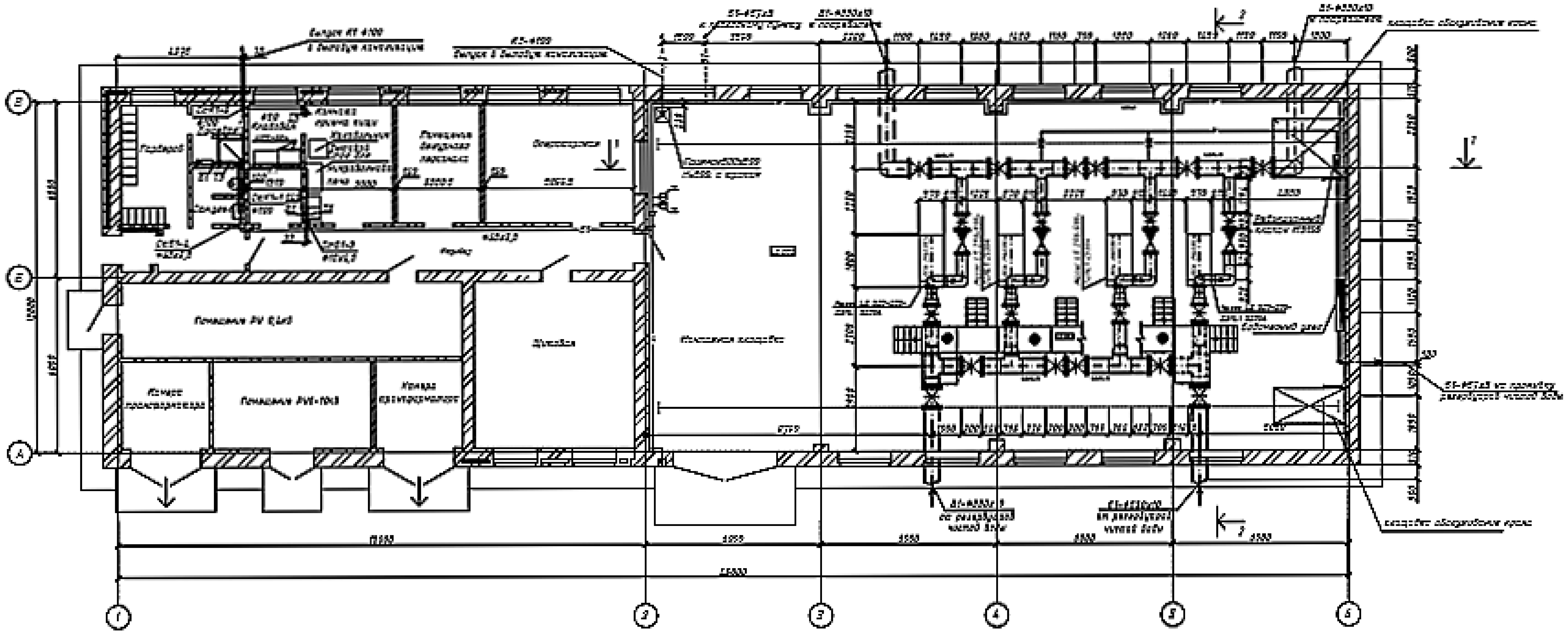
| №№ п/п | Насос | | | | Электродвигатель | | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Марка | Год ввода в эксплл. | Q, м3/ч | H, м вод. ст. | Марка | P, кВт | n, об/мин | U, кВ | |
| | Насосная станция I подъема №1 | | | | | | | | |
| 1 | 400Д-190Ф | 1978 | 1980 | 21 | 4АМ315М-6У3 | 160 | 980 | 0,4 | |
| 2 | 400Д-190Ф | 1978 | 1980 | 21 | 4АМ315М-6У3 | 160 | 980 | 0,4 | |
| 3 | 400Д-190Ф | 1978 | 1980 | 21 | 4АМ315М-6У3 | 160 | 980 | 0,4 | |
| 4 | ВВН1-6 | | 360 | 4 | F160 M04 | 11 | 1450 | 0,4 | |
| 5 | ВВН1-0,75 | | 45 | 4 | АО2-3204 | 4 | 1450 | 0,4 | |
| 6 | К20/30 | | 20 | 30 | 4А112 | 4,5 | 1430 | 0,4 | |
| 7 | К20/30 | | 20 | 30 | АО2-3204 | 3 | 1430 | 0,4 | |
| | Насосная станция I подъема №2 | | | | | | | | |
| 1 | 400Д-190Ф | 1978 | 1980 | 21 | А1-103-6 | 160 | 976 | 0,4 | |
| 2 | 400Д-190Ф | 1978 | 1980 | 21 | 4АМ315М-6У3 | 160 | 976 | 0,4 | |
| 3 | 400Д-190Ф | 1978 | 1980 | 21 | 4АМ315М-6У3 | 160 | 976 | 0,4 | |
| 4 | ВВН1-6 | | 360 | 4 | АД160S4У3 | 15 | 1445 | 0,4 | |
| 5 | ВВН1-0,75 | | 45 | 4 | АО2-3204 | 4 | 2850 | 0,4 | |
| 6 | К20/30 | | 20 | 30 | АО2-32-4У-3У | 3 | 1430 | 0,4 | |
| 7 | К20/30 | | 20 | 30 | АО2-32-4У-3У | 3 | 1430 | 0,4 | |
| | Насосная станция II подъёма | | | | | | | | |
| 1 | 14Д6-4 | | 1250 | 125 | СД-12-52-4 | 630 | 1500 | 6 | |
| 2 | Д1250-125 | 2002 | 1250 | 125 | А-12-52-4-У4 | 630 | 1500 | 6 | частотное регулир. |
| 3 | Д1250-125 | | 1250 | 125 | А-12-52-4-У4 | 630 | 1500 | 6 | частотное регулир. |
| 4 | 14Д6-4 | | 1250 | 125 | А-12-52-4-У4 | 630 | 1500 | 6 | |
| 5 | Д1250-125 | 2002 | 1250 | 125 | А-12-52-4-У4 | 630 | 1500 | 6 | |
| 6 | Д1250-125 | | 1250 | 125 | А-12-52-4-У4 | 630 | 1500 | 6 | плавный пуск эл. дв |
| 7 | Д1250-125 | | 1250 | 125 | А-12-52-4-У4 | 630 | 1500 | 6 | плавный пуск эл. дв |
| 8 | Д1250-125 | | 1250 | 125 | А-12-52-4-У4 | 630 | 1500 | 6 | |
| 9 | К80-50-200 | 1998 | 50 | 50 | | 15 | 2900 | 0,4 | |
| 10 | ВКС2/26 | | 20 | 30 | | 3 | 1450 | 0,4 | |
| 11 | К20/30 | | 20 | 30 | | 4 | 2900 | 0,4 | |
| 12 | К90/20-У2 | | 90 | 20 | | 7,5 | 2900 | 0,4 | |

# Технологическая схема водозабора о. Татышев

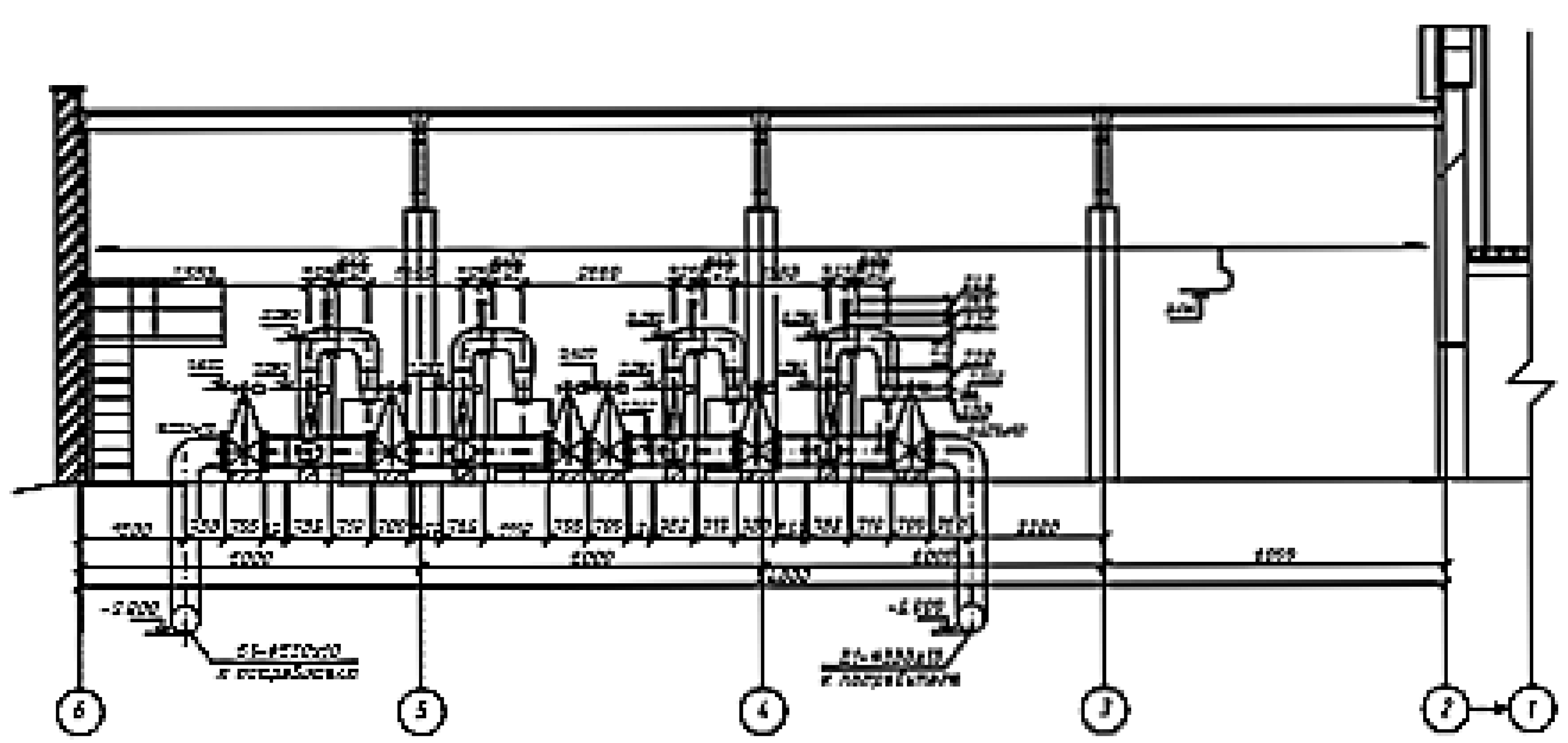



| | | | | | | | | | | | | | | | ДП - 270112.65 - 2016 ВС | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | №док. | Подпись | Дата | | | | | | | | | | Реконструкция водозаборных сооружений инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки | Стадия | Лист | Листов |
| Разработал | | Соболев | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 10 |
| Руководит. | | Дубровская | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Консульт. | | Дубровская | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н.Контр. | | Дубровская | | | | | | | | | | | | | Технологическая схема инфильтрационного водозабора | Кафедра ИСЗиС | | |
| Зав. каф. | | Сакаш Г.В. | | | | | | | | | | | | | | | | |

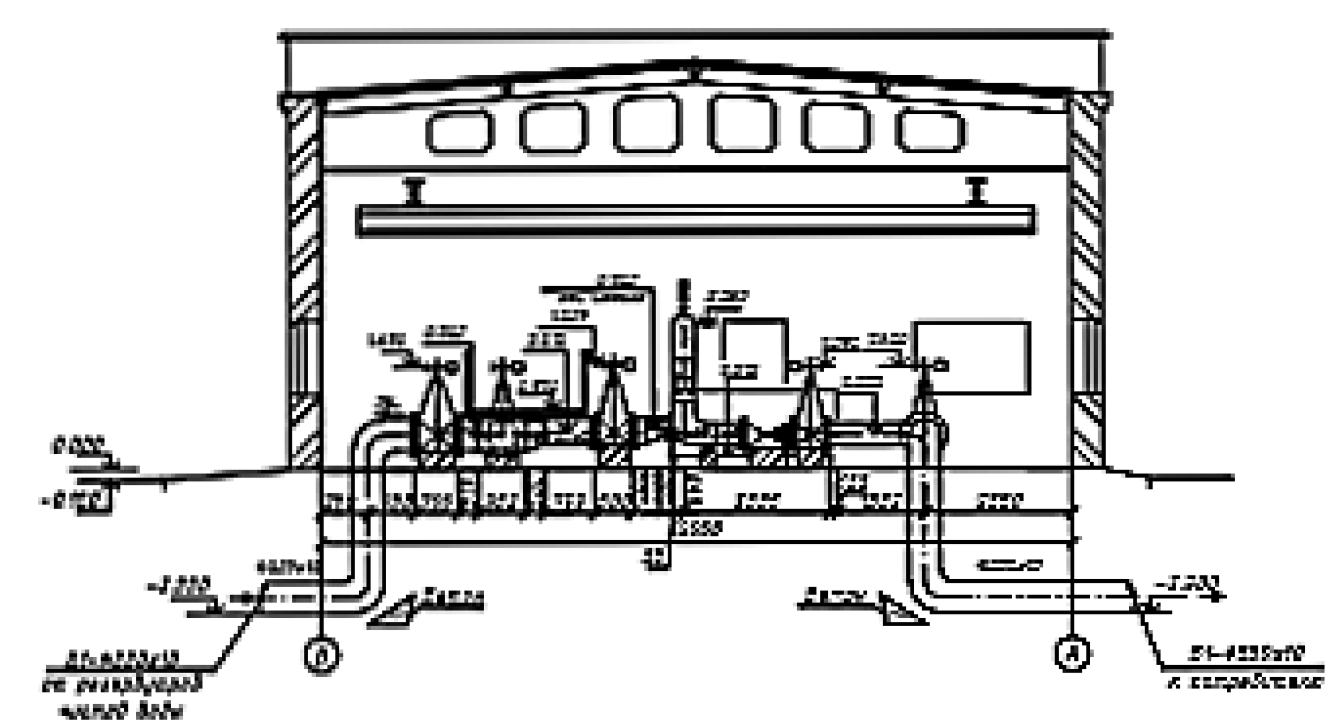
## План на отм. 0.000
М 1:100



## Разрез 1-1 М 1:100



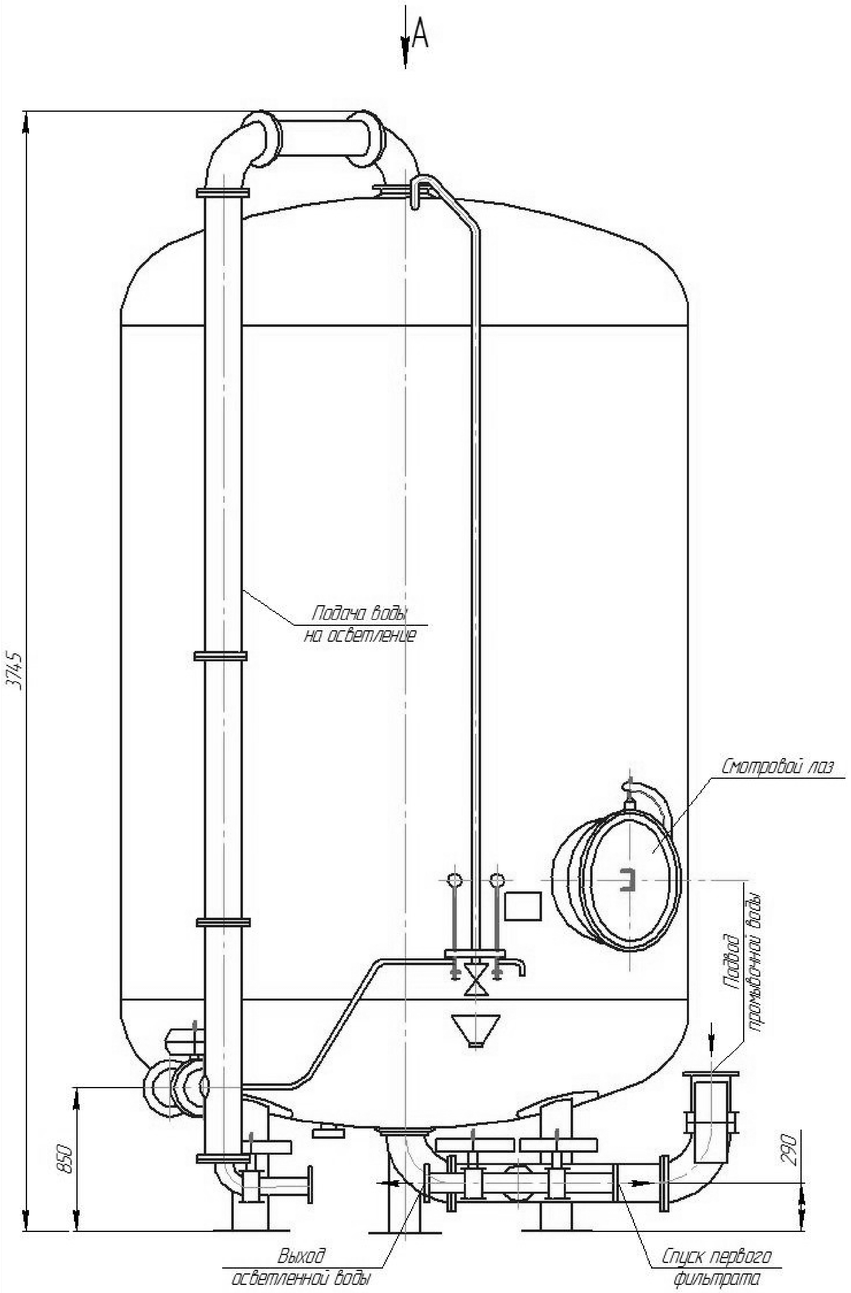
## Разрез 2-2 М 1:100

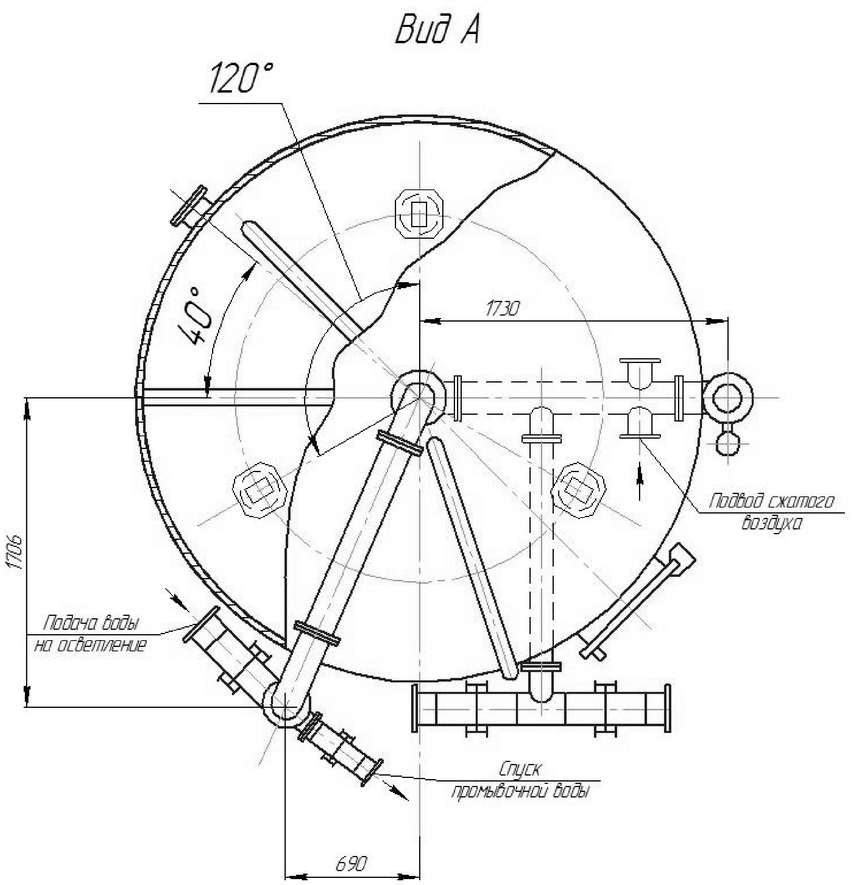


# Спецификация

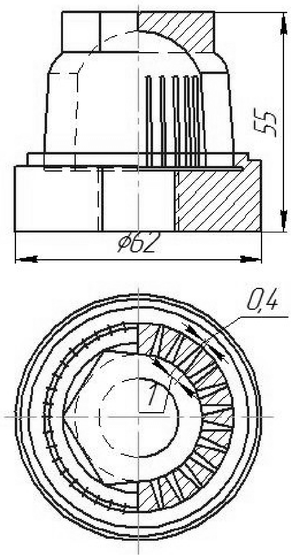
| №п/п | Наименование | Марка | Завод изготовитель | Кол-во | Вес, кг един. | Вес, кг всего |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Насос Q=700 м$^3$/час H=18,5 м, N=250 кВт | LS 250-500-S2NL1 25004 | "VOGEL" Швеция | 4 | 2440 | 9760 |
| 2 | Клапон обратный шаровый Ду=350 мм, Ру=16 кгс/см$^2$ | 55-350-350007 | ООО "Сантех-сервис" | 4 | 300 | 1200 |
| 3 | Задвижка фланцевая Ду=500 мм, Ру=16 кгс/см$^2$ с электроприводом AUMA | 15-500-72006 | г. Санкт-Петербург | 6 | 480 | 2880 |
| 4 | Задвижка фланцевая Ду=500 мм, Ру=10 кгс/см$^2$ с электроприводом AUMA | 15-500-72016 | г. Санкт-Петербург | 6 | 480 | 2880 |
| 5 | Задвижка фланцевая Ду=400 мм, Ру=10 кгс/см$^2$ с электроприводом AUMA | | г. Санкт-Петербург | 4 | 354 | 1416 |
| 6 | Задвижка фланцевая Ду=350 мм, Ру=16 кгс/см$^2$ с электроприводом AUMA | | г. Санкт-Петербург | 4 | 332 | 1328 |
| 7 | Кран мостовой ручной однобалочный подвесной грузоподьемность 1т, длина крана 4,2м, пролет 3м, высота подъема 6м | | Красно-гвардейский крановый завод | 1 | 281 | 281 |
| 8 | Павильон насосной станции 42x12x4,5 | | | | | |

| Изм. | Кол.уч | Лист | №док. | Подпись | Дата | ДП - 270112.65 - 2016 РВ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт | | |
| Разработал | Соболев | | | | | Реконструкция водозаборных сооружений нифильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки | Стадия | Лист / Листов |
| Руководит. | Дубровская | | | | | | | 4 / 10 |
| Консульт. | Дубровская | | | | | | | |
| Н. контр. | Дубровская | | | | | Насосная станция 3-го подъема М 1:100. Разрез 1-1 М: 1-100. разрез 2-2 М 1:100 | Кафедра ИСЗиС | |
| Зав. каф. | Сакаш | | | | | | | |




## Дренажный фарфоровый колпачок ВТИ-5 (М2:1)

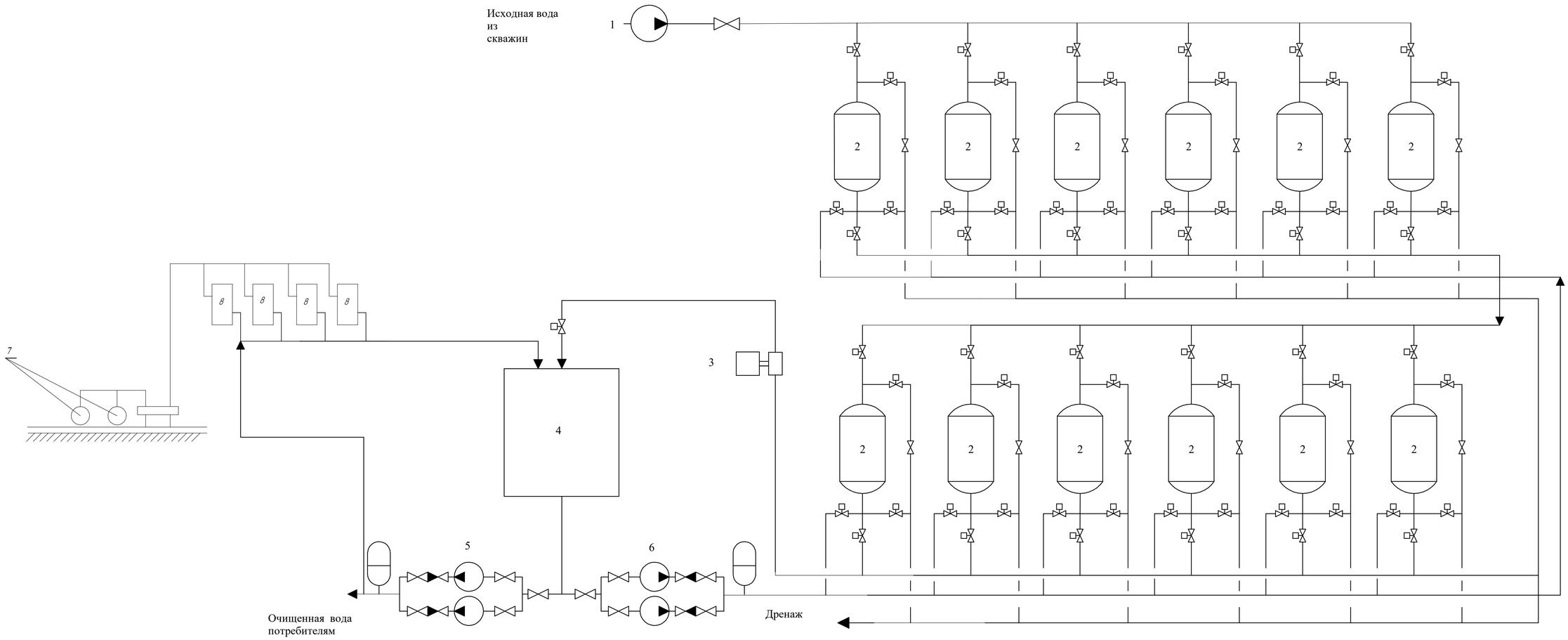



## Данные о напорных фильтрах

| Материал загрузки | Крупность зерен загрузки, мм | Коэффициент неоднородности | Скорость фильтрования, м/ч | Интенсивность промывки, л/сек×м$^2$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Водяной | Воздушный |
| Песок кварцевый | 0,8 – 1,8 | 1,8 | 10 – 12 | 6 – 8 | 15 – 20 |
| Песок кварцевый | 1,5 – 2,5 | 2 | 13 – 15 | 6 – 8 | 18 – 25 |
| Антрацит | 0,8 – 1,8 | 1,8 | 10 – 12 | 6 – 8 | 13 – 15 |
| Антрацит | 1,5 – 2,5 | 2 | 13 – 15 | 6 – 8 | 16 – 20 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | ДП - 270112.65 - 2016 ВСП | |
| | | | | | | | Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт | |
| Изм. | Кол.уч | Лист | №док. | Подпись | Дата | | | |
| Разработал | | Соболев | | | | | Реконструкция водозаборных сооружений инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки | Стадия: — / Лист: 5 / Листов: 10 |
| Руководит. | | Дубровская | | | | | | |
| Консульт. | | Дубровская | | | | | | |
| Н.контр. | | Дубровская | | | | | Напорный фильтр масштаб 1:10 | Кафедра ИСЗиС |
| Зав. каф. | | Сакаш Г.В. | | | | | | |

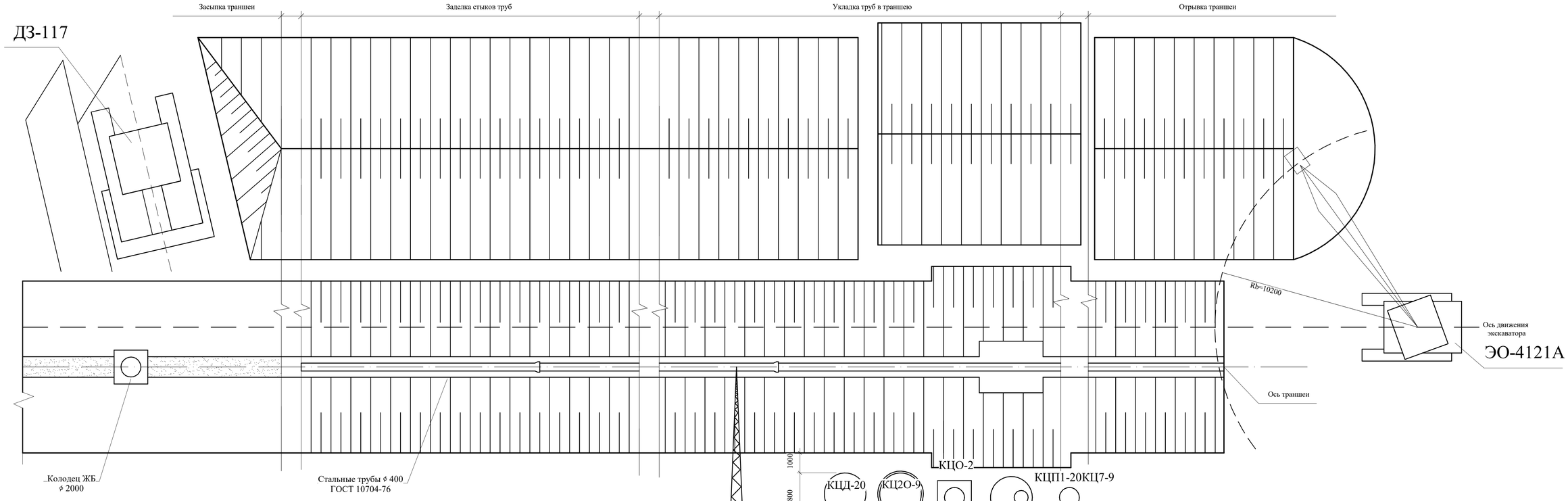
# Принципиальная аппаратурно-технологическая схема станции водоочистки



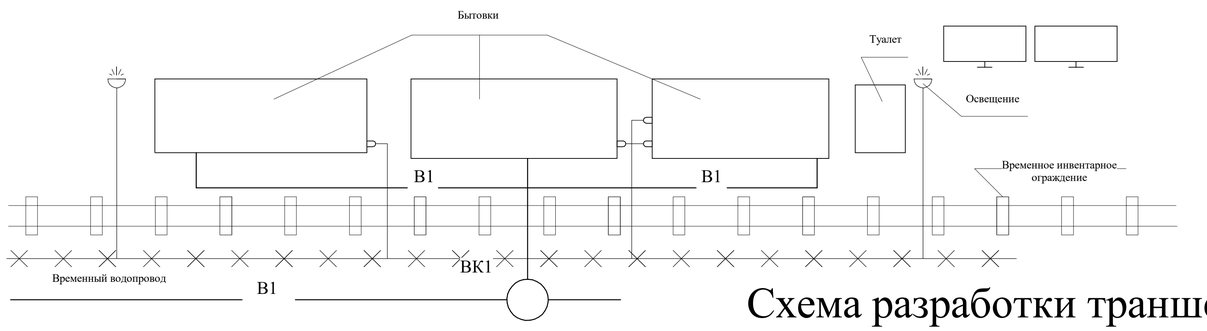

| | |
|---|---|
| 1 | Насосные станции первого подъема |
| 2 | Местное управление |
| 3 | Электромагнитный расходомер |
| 4 | Резервуар чистой воды |
| 5 | Насосная станция 2-го подъема с устройством плавного пуска |
| 6 | Насосы для подачи промывной воды на напорный фильтры с устройством плавного пуска |
| 7 | Баки с жидким хлором |
| 8 | Хлораторная установка типа ЛОНИИ-100КМ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ДП-270112.65-2016 ВС | |
| | | | | | | Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | №док. | Подпись | Дата | | |
| Разработал | Соболев | | | | | Реконструкция водозаборного сооружения инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки | Стадия: — / Лист: 6 / Листов: 10 |
| Руководит. | Дубровская | | | | | | |
| Консульт. | Дубровская | | | | | | |
| Н. контр. | Дубровская | | | | | Принципиальная аппаратурно-технологическая схема станции водоочистки | Кафедра ИСЗиС |
| Зав. каф. | Сакаш | | | | | | |

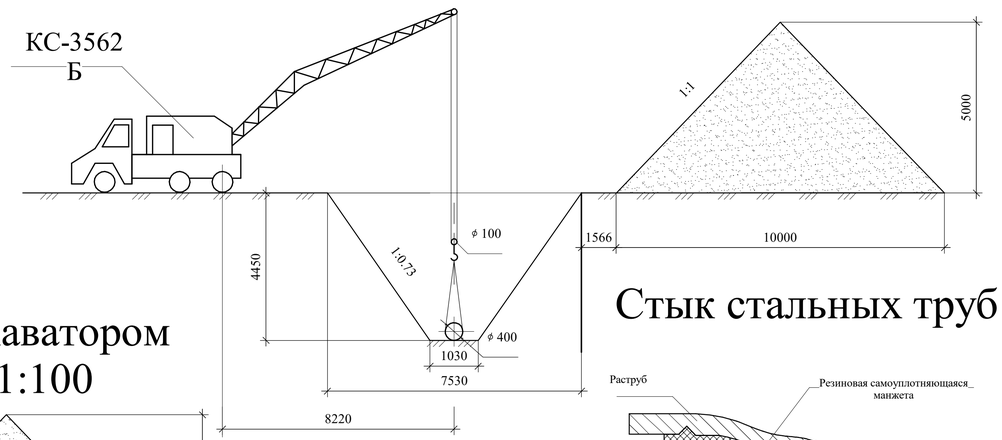
# СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ ПРОКЛАДКЕ СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ϕ400 L=1340 м М1:100



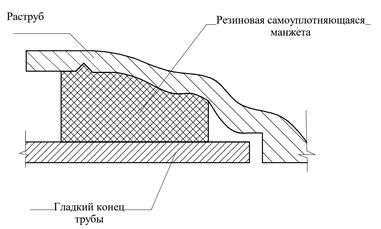

## Схема размещения бытовых помещений М 1:200



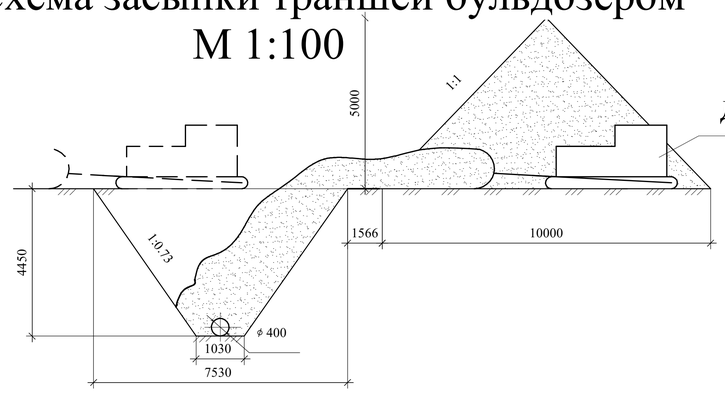

## Схема укладки труб автокраном М 1:100



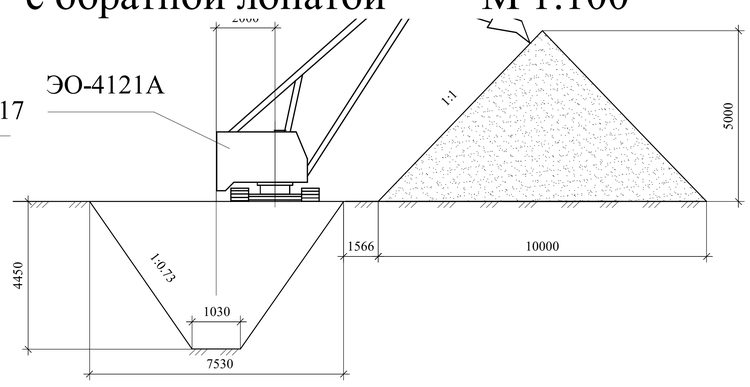

## Стык стальных труб




## Схема засыпки траншеи бульдозером М 1:100



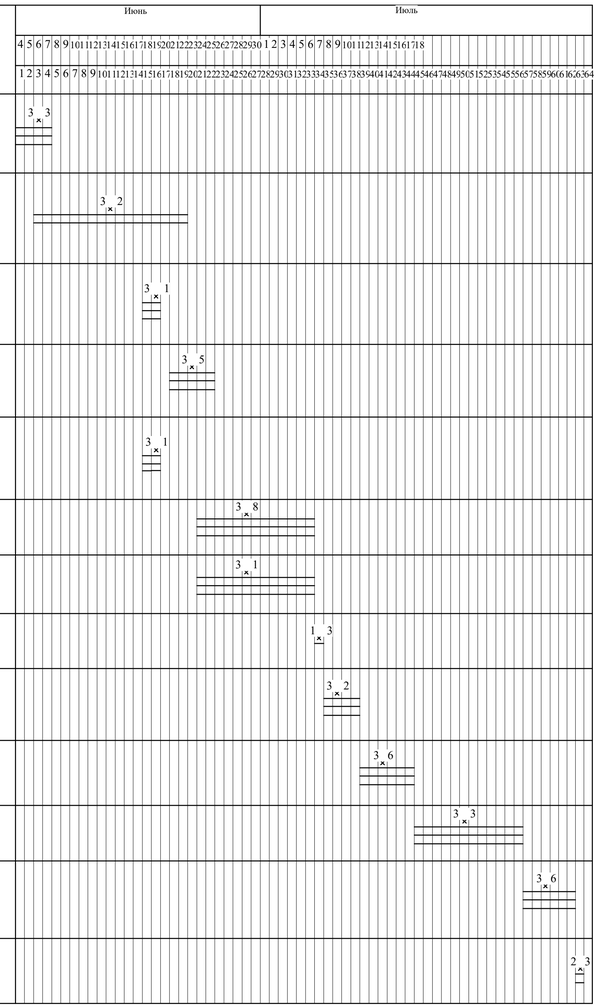

## Схема разработки траншеи экскаватором с обратной лопатой М 1:100



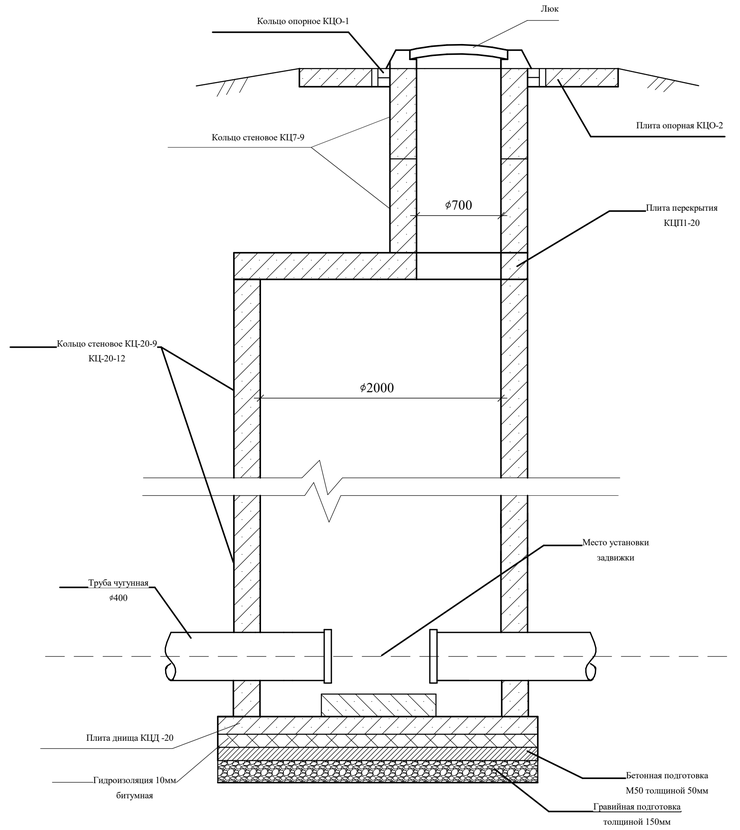

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ДП - 270112.65 - 2016 ВСП | |
| | | | | | | Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | №док. | Подпись | Дата | | |
| Разработал | | Соболев | | | | Реконструкция водозаборных сооружений инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки | Стадия: — / Лист: 7 / Листов: 10 |
| Руководит. | | Дубровская | | | | | |
| Консульт. | | Сакащ | | | | | |
| Н.контр.П | | Дубровская | | | | Схема производства работ при прокладке стального трубопровода ϕ400 L=1340 м М1: 100 | Кафедра ИСЗиС |
| Зав. каф. | | Сакашаш | | | | | |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

| № | Наименование | Объем работ | | Норма времени чел*час | Трудо-емкость чел*час | Наименован. машинных механизмов | Продолжи-тельность работ, дни | Кол-во смен | Кол-во рабочих в смену | Состав бригады (профессия, состав, количество) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ед. изм. | Кол-во | | | | | | | |
| 1 | Срез растительного слоя грунта бульдозером | 100 м² | 170,05 | 1,6 | 272,08 | ДЗ-117 | 4 | 3 | 3 | Машинист 6 разряда |
| 2 | Разработка траншеи экскав-м с обратной лопатой вместимо-стью 1,0 м³ в отвал | 100 м³ | 665,49 | 1,8 | 1197,9 | ЭО-4121А | 17 | 3 | 2 | Машинист 6 разряда |
| 3 | Разработка траншеи экскав-м с обратной лопатой в транс-порт | 100 м³ | 5,192 | 3,7 | 19,21 | ЭО-4121А | 2 | 3 | 1 | Машинист 6 разряда |
| 4 | Доработка траншеи и разраб-отка приямков в ручную | 1 м³ | 491,25 | 1,2 | 589,5 | - | 5 | 3 | 5 | Землекоп 3 разряда<br>Землекоп 1 разряда |
| 5 | Вывоз грунта на 2 км. КАМАЗ-5511 грузоподъемностью 10т. | 100 м³ | 5,192 | 2,0 | 10,384 | КАМАЗ-5511 | 2 | 3 | 1 | Шофер II-кл. |
| 6 | Укладка труб с помощью крана | 1 п.м. | 1956,8 | 0,3 | 587,04 | КС-3562Б | 13 | 3 | 2,2,2,2 | Монтажники 6,4,3,2 разряда |
| 7 | Работа крана на монтаже труб | машина смена | - | 0,3 | - | КС-3562Б | 13 | 3 | 1 | Машинист 6 разряда |
| 8 | Монтаж колодцев с помощью крана | шт. | 6 | 0,5 | 3,0 | КС-3562Б | 1 | 1 | 1,1,1 | Монтажники наружного тр-а 5,3,2 разряда |
| 9 | Засыпка грунтом пазух трубопровода с трамбованием | 1 м³ | 78,27 | 1,2 | 93,93 | в ручную | 4 | 3 | 1,1 | Землекоп 2, 1 разряда |
| 10 | Предворительное гидравли-ческое испытание | 1 км | 1,9568 | 130 | 254,38 | - | 6 | 3 | 2,2,2 | Монтажники наружного тр-а 5,4,2 разряда |
| 11 | Засыпка траншеи бульдозе-ром | 100 м³ | 655,49 | 1,2 | 798,59 | ДЗ-117 | 12 | 3 | 3 | Машинист 6 разряда |
| 12 | Приемочное гидравлическое испытание | 1 км | 1,9568 | 130 | 254,38 | - | 6 | 3 | 2,2,2 | Монтажники наружного тр-а 5,4,2 разряда |
| 13 | Планировка площади бульдозером | 1000 м² | 26,2 | 1,2 | 31,44 | ДЗ-117 | 1 | 2 | 3 | Машинист 6 разряда |



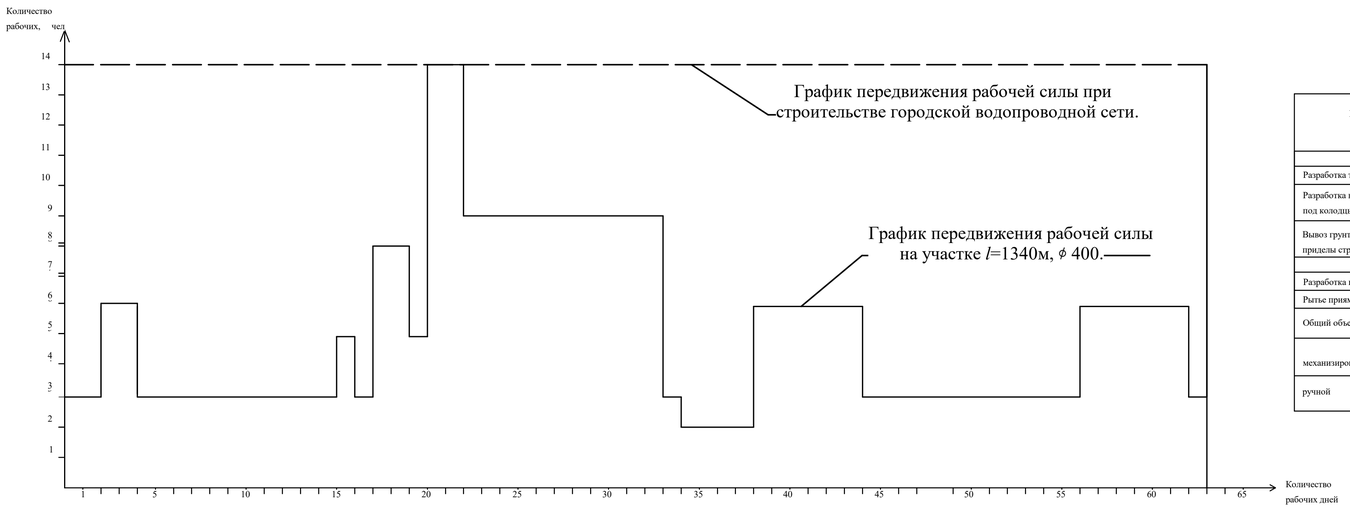

# Железобетонный колодец М1:25




Спецификация

| № | Наименование | Марка ГОСТ | Кол-во шт. | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Стальная труба ф400 | 10704-76 | 218 | масса 735,12 |
| 2 | Задвижка стальная ф400 | 10194-78 | 6 | масса 800 |
| 3 | Экскаватор обратная лопата | ЭО-4121А | 2 | $V_к$=1,0 м³ |
| 4 | Автосамосвал | КАМАЗ-5511 | 1 | грузоподъемн-ость 10 т. |
| 5 | Бульдозер | ДЗ-117 | 3 | баз. трактор Т130М-ГП |
| 6 | Кран | КС-3562Б | 3 | грузоподъемн-ость 10 т. |
| 7 | Плита днища | КЦД-20 | 6 | масса 1470 |
| 8 | Кольцо стеновое | КЦ-20-12 | 12 | масса 1960 |
| 9 | Кольцо стеновое | КЦ-20-9 | 6 | масса 1470 |
| 10 | Кольцо стеновое | КЦ7-9 | 12 | масса 380 |
| 11 | Плита перекрытия | КЦП1-20 | 6 | масса 1280 |
| 12 | Кольцо опорное | КЦО-1 | 6 | масса 50кг |
| 13 | Плита опорная | КЦО-2 | 6 | масса 800 |

# График передвижения рабочей силы




# Баланс объемов земляных масс

| Вид работы | Основные параметры выемки | | | | Объем грунта | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ширина, м | | Глубина м | Длина м | Обозна-чение | Кол-во м³ |
| | поверху | понизу | | | | |
| Механизированные земляные работы | | | | | | |
| Разработка траншеи | 8,07 | 1,03 | 4,45 | 1303 | $V_м^1$ | 32243,01 |
| Разработка котлованов под колодцы | 11,31 | 3,7 | 4,7 | 55,5 | $V_м^2$ | 4357,01 |
| Вывоз грунта в отвал за пределы строительства | 55,5 | 55,5 | 0,2 | 55,5 | $V_{изб.}$ | 578,5 |
| Ручные земляные работы | | | | | | |
| Разработка недобора | 1,03 | 1,03 | 0,2 | 1340 | $V_{р_2}$ | 418,9 |
| Рытье приямков | 1,00 | 1,00 | 0,3 | 0,5 | $V_р$ | 33,0 |
| Общий объем | - | - | - | - | V | 36942,5 |
| механизированный | - | - | - | - | $V_м$ | 36600,02 |
| ручной | - | - | - | - | $V_р$ | 342,48 |

| Изм. | Кол.уч. | Лист | №док. | Подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|---|
| Разработал | Соболев | | | | |
| Руководит. | Дубровская | | | | |
| Консульт. | Сакаш | | | | |
| Н.контр. | Дубровская | | | | |
| Зав. каф. | Сакаш | | | | |

ДП - 270112.65 - 2016 ВСП

Сибирский федеральный университет
Инженерно-строительный институт

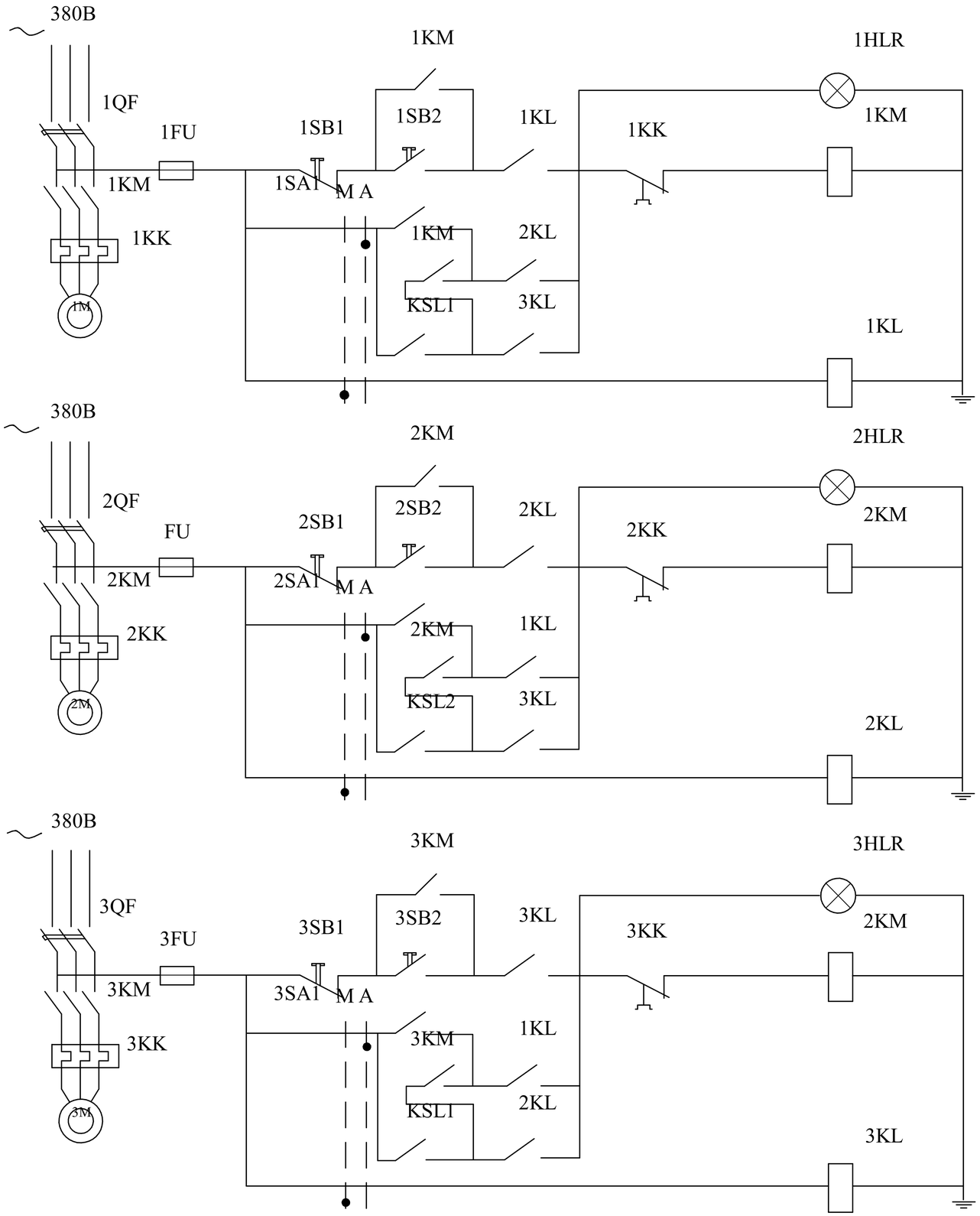
Реконструкция водозаборных сооружений инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки

| Стадия | Лист | Листов |
|---|---|---|
| | 8 | 10 |

Календарный план производства работ

Кафедра ИСЗиС

# СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ТРЁХ НАСОСОВ




| | |
|---|---|
| 1 | Сигнализация включения |
| 2 | Местное управление |
| 3<br>4 | Автоматический<br>ввод резерва |
| 5 | Автоматическое включение |
| 6 | Выбор режима |

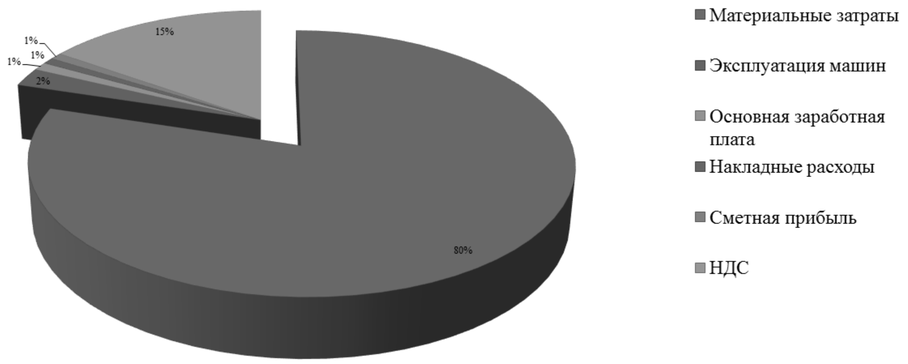
| | |
|---|---|
| 1 | Сигнализация включения |
| 2 | Местное управление |
| 3 | Автоматическое включение |
| 4<br>5 | Автоматический<br>ввод резерва |
| 6 | Выбор режима |

| | |
|---|---|
| 1 | Сигнализация включения |
| 2 | Местное управление |
| 3<br>4 | Автоматический<br>ввод резерва |
| 5 | Автоматическое включение |
| 6 | Выбор режима |

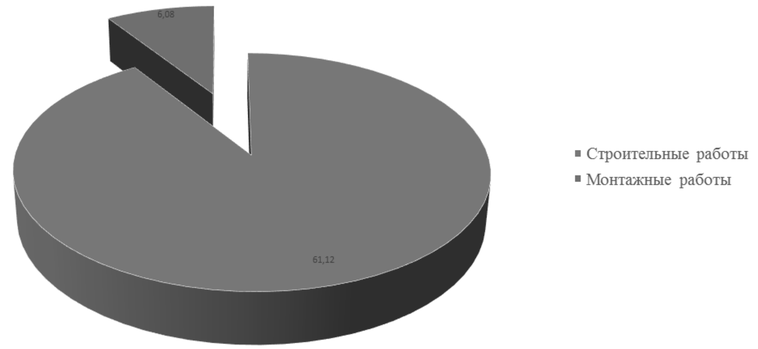
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ДП - 270112.65 - 2016 АНВ | |
| | | | | | | Сибирский федеральный университет<br>Инженерно-строительный институт | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | №док | Подпись | Дата | Реконструкция водозаборных сооружений инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки | Стадия: — / Лист: 9 / Листов: 10 |
| Разработал | | Соболев | | | | | |
| Руководит. | | Дубровская | | | | | |
| Консульт. | | Дубровская | | | | | |
| Н.контр. | | Дубровская | | | | Схема управления электродвигателями трёх насосов | Кафедра ИСЗиС |
| Зав. каф. | | Сакаш Г.В. | | | | | |

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА

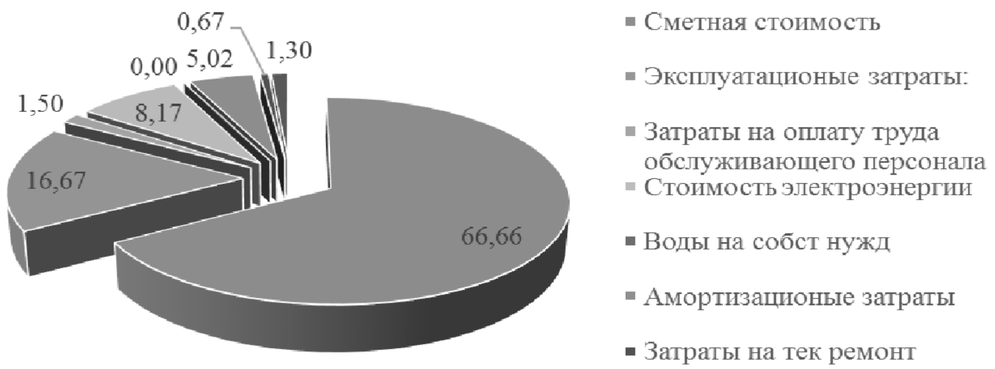
## Структура локального сметного расчета по элементам затрат




## Структура локального сметного расчета по разделам




## Структура процентного соотношение технико-экономических показателей




## Технико-экономические показатели

| № | Наименование показателей | Ед. измерения | Количество |
|---|---|---|---|
| 1 | Капитальные вложения | тыс.руб. | 158102,37 |
| 2 | Сметная стоимость трудоемкости | чел.час | 479,79 |
| 3 | Производительность | $м^3$/год | 44911673,2 |
| 4 | Обслуживающий персонал | чел. | 18 |
| 5 | Эксплуатационные затраты | тыс.руб. | 50286,63 |
| | В том числе: | | |
| 6 | Заработная плата | тыс.руб./год | 3564,5 |
| 7 | Электроэнергия | тыс.руб./год | 30135,18 |
| 8 | Водопотребление | тыс.руб./год | 6,41 |
| 9 | Прочие затраты | тыс.руб./год | 3094 |
| 10 | Амортизация | тыс.руб./год | 11905,52 |
| 11 | Текущий ремонт | тыс.руб./год | 1581,02 |
| 12 | Себестоимость получения 1 $м^3$ воды | руб./$м^3$ | 1,12 |
| 13 | Срок окупаемости | год | 3 |

ДП - 270112.65-2016 ЭП

Сибирский федеральный университет
Инженерно-строительный институт

| Изм. | Лист | № докумен. | Подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Соболев А.А. | | |
| Руковод. | | Дубровская О.Г. | | |
| Консульт. | | Категорская Т.П. | | |
| Н.контр. | | Дубровская О.Г. | | |
| Зав.каф. | | Сакаш Г.В. | | |

Реконструкция водозаборных сооружений инфильтрационного типа с разработкой технологической схемы водоподготовки

| Стадия | Лист | Листов |
|---|---|---|
| | 10 | 10 |

Структура анализа сметной стоимости по разделам. Структура сметной стоимости локального сметного расчета. Структура процентного соотношение технико-экономических показателей. Технико-экономические показатели.

Кафедра ИСЗиС