

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ
И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Методические указания

к практическим занятиям и выполнению курсовой работы
по дисциплине «Реконструкция систем водоснабжения
и водоотведения» для студентов специальности 1–70 04 03
«Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

Брест 2020

УДК 628.1, 628.2

В методических указаниях приведены основные справочные материалы, необходимые для проектирования в условиях реконструкции систем транспортирования и распределения воды в населенном пункте, а также систем для отвода и очистки сточных вод. В методических указаниях изложены методики выполнения водохозяйственных расчетов, гидравлической увязки кольцевой водопроводной сети и гидравлического расчета водоотводящей сети в условиях расширения жилой застройки. Рассмотрены примеры расчета.

Составители: С. В. Андреюк, к.т.н., доцент
Б. Н. Житенёв, к.т.н., профессор
С. Г. Белов, к.т.н., доцент

Рецензент: С. А. Новик, главный специалист отдела комплексного проектирования № 2 УП «Институт Брестстройпроект»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Реконструкция систем водоснабжения.....	8
1.1 Трассировка существующих и проектируемых объектов водоснабжения населенного пункта и промышленного предприятия.....	8
1.2 Проектирование и расчёт водозаборных сооружений из подземного источника	9
1.2.1 Расчёт основных параметров подземного водозабора для существующего положения.....	10
1.2.2 Расчёт основных параметров подземного водозабора после реконструкции	12
1.3 Расчёт сооружений для забора воды из поверхностного источника	13
1.3.1 Выбор места расположения и типа речного водозаборного сооружения	13
1.3.2 Гидравлический расчет элементов поверхностного водозабора.....	13
1.3.3 Расчет подачи и напора (давления) насосного оборудования.....	14
1.3.4 Мероприятия по санитарной охране водозабора из поверхностного источника водоснабжения.....	16
1.4 Реконструкция водоводов и водопроводных сетей	17
1.4.1 Гидравлический расчёт городской водопроводной сети для существующего положения.....	17
1.4.1.1 Выбор системы водоснабжения	17
1.4.1.2 Определение подачи насосной станции первого подъёма.....	17
1.4.1.3 Определение удельных расходов воды	17
1.4.1.4 Определение путевых расходов воды	18
1.4.1.5 Определение узловых расходов воды.....	18
1.4.1.6 Проектирование водонапорной башни	19
1.4.1.7 Предварительное потокораспределение	21
1.4.1.8 Подбор материала и диаметров труб	21
1.4.1.9 Увязка водопроводной сети	21
1.4.1.10 Построение карт пьезолиний	23
1.4.2 Гидравлический расчёт городской водопроводной сети в условиях реконструкции	24
1.4.2.1 Выбор системы водоснабжения	24
1.4.2.2 Определение удельных расходов воды (после реконструкции).....	25
1.4.2.3 Определение путевых расходов воды	25
1.4.2.4 Определение узловых расходов воды.....	27
1.4.2.5 Предварительное потокораспределение	27
1.4.2.6 Подбор материала и диаметров труб	27
1.4.2.7 Увязка водопроводной сети	27
1.4.2.8 Построение карт пьезолиний	29
1.4.2.9 Определение размеров резервуаров чистой воды (РЧВ).....	29
1.5 Реконструкция сооружений водоподготовки природных вод. Проектирование и расчёт станции обезжелезивания	32
1.5.1 Расчет фильтров обезжелезивания.....	33
1.5.2 Обеззараживание воды.....	35

1.5.3 Отстойники промывной воды	35
1.5.4 Шламовые площадки.....	37
1.6 Реконструкция насосных станций систем водоснабжения	40
1.6.1 Определение давления насосов первого подъёма (до реконструкции).....	41
1.6.2 Определение давления насосов первого подъёма (после реконструкции)	42
1.6.3 Определение давления насосов второго подъёма (случай строительства станции обезжелезивания при реконструкции сети).....	43
2 Реконструкция системы водоотведения	45
2.1 Трассировка существующих и проектируемых объектов водоотведения населенного пункта.....	45
2.2 Определение расчетных расходов по участкам сети.....	46
2.3 Гидравлический расчет водоотводящих сетей в условиях реконструкции. Высотное проектирование	48
2.4 Реконструкция насосных станций сточных вод.....	52
2.5 Реконструкция сооружений по очистке сточных вод. Проверочный расчет пропускной способности сооружений механической / биологической очистки с учетом расширения очистной станции	54
2.5.1 Подбор приемной камеры	54
2.5.2 Расчет сооружений механической/биологической очистки.....	55
2.5.2.1 Расчет вторичных отстойников до реконструкции	55
2.5.2.2 Расчет вторичных отстойников после реконструкции	55
3 Приемка, пуск и наладка работы пускового комплекса сооружений после реконструкции и/или расширения	56
Литература	60
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Пример оформления листа «Реконструкция системы водоснабжения» (ФА1).....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Пример оформления листа «Реконструкция системы водоотведения» (ФА1).....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Глубина промерзания грунта, см (СНБ 2.04.02–2000)	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Трубы, применяемые при проектировании сетей ВиВ.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Скорости фильтрования при нормальном и форсированном режимах для расчета скорых фильтров	70

ВВЕДЕНИЕ

«Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения» – инженерная дисциплина для студентов, изучающих вопросы исследования, конструирования, расчета, проектирования и эксплуатации объектов водо-снабжения и водоотведения. Она включает сведения о приемах реконструкции и интенсификации работы сетей и отдельных сооружений водоснабжения и водоотведения.

Курсовая работа выполняется на тему «Реконструкция и расширение систем водоснабжения и водоотведения населенного пункта».

В курсовой работе предусматривается выполнение следующих *расчетов и задач*:

➤ реконструкция водозабора из подземных источников заключается в проверке требуемого количества скважин для обеспечения подачи в город максимального суточного расхода (до и после его увеличения), определение диаметров и потерь давления в сборных водоводах;

➤ курсовая работа предусматривает после реконструкции водопроводных сетей использование речной воды промышленным предприятием для технических целей: выполняется трассировка и подбор насосного оборудования руслового водозабора из поверхностного источника (показатели качества воды в поверхностном источнике водоснабжения соответствуют требованиям технологического процесса);

➤ курсовая работа предусматривает расчет водопроводных сетей для существующего положения и положения после реконструкции на два расчетных случая: в час максимального водопотребления и то же с учетом пожара; водопроводная сеть для существующего положения проектируется с водонапорной башней (подлежит расчету), с подачей подземной воды в кольцевую сеть от водозаборных скважин без дополнительной очистки; система городского водопровода после реконструкции – без водонапорной башни, с подачей подземной воды в кольцевую сеть от скважин через станцию обезжелезивания, РЧВ и НСII (подлежат расчету);

➤ по разделу «Реконструкции насосных станций» курсовая работа предусматривает: определение требуемого давления и подачи насосных станций первого подъема НСI (до и после реконструкции); определение требуемого давления и подачи насосной станции второго подъема НСII (после реконструкции); определение требуемого давления и подачи главной канализационной насосной станции ГКНС (после реконструкции);

➤ расчет сетей водоотведения предусматривает трассировку хоз-бытовой канализации для существующего положения, гидравлический расчет главного коллектора, одного бокового притока; трассировку хоз-бытовой канализации с учетом расширения жилой застройки, гидравлический расчет коллектора от нового жилого микрорайона с построением продольных профилей до колодца подключения к существующей сети;

➤ реконструкция сооружений по очистке сточных вод включает в себя проверочный расчет пропускной способности приемной камеры, сооружений механической или биологической очистки с учетом расширения очистных

сооружений для уточнения количества этих сооружений и/или для реконструкции существующих сооружений путем ввода новых конструктивных элементов;

➤ курсовая работа предусматривает разработку приемно-сдаточной документации: заполнение примера *заключения* органов госконтроля перед вводом реконструируемого сооружения в эксплуатацию и *акта ввода* этого сооружения в эксплуатацию.

Исходными данными курсовой работы являются:

✓ сводная таблица почасового водопотребления населенного пункта, промышленных и коммунальных предприятий, в том числе расчетное количество жителей, норма водопотребления, этажность застройки;

✓ процент увеличения расхода для района жилой застройки и расходов водопотребления промпредприятия в 1-ую смену;

✓ данные по скважинам в зоне разведанных запасов (дебит, коэффициент взаимодействия, статический, динамический уровни);

✓ требуемое давление воды для технологических нужд на площадке промпредприятия;

✓ реконструируемое сооружение станции очистки сточных вод;

✓ высота отметки воды в приемной камере очистных сооружений над отметкой земли;

✓ расположение отметки воды в приемном резервуаре ГНС ниже отметки земли;

✓ показатели качества сточных вод, поступающих на станцию очистки (БПК₅, С_{взв.в-ва}).

Графическая часть курсовой работы выполняется на листах формата А1 (А2). На листе «Реконструкция системы водоснабжения» разрабатываются: генпланы населенного пункта по ГОСТ 21.704-2011 в масштабе 1:20000 с нанесением сетей и сооружений водоснабжения (с результатами гидравлического расчета) для случаев до и после расширения жилой застройки; разрезы напорных скважин площадок 1-го подъема до и после реконструкции с нанесением значений отметок для определения расчетного давления насосного оборудования; условные обозначения и примечание с указанием мероприятий по реконструкции системы водоснабжения. На листе «Реконструкция системы водоотведения» разрабатываются: генпланы населенного пункта по ГОСТ 21.604-82 в масштабе 1:20000 с нанесением сетей и сооружений водоотведения (с результатами гидравлического расчета) для случаев до и после расширения жилой застройки; продольные профили водоотводящего коллектора в зоне расширения жилой застройки до колодца подключения к существующей сети; условные обозначения и примечание с указанием мероприятий по реконструкции системы водоотведения.

Таблица 1 – Сводная таблица почасового водопотребления для существующего положения (исходная – до реконструкции системы водоснабжения)

Часы сутки	Расход воды населением				Расход воды предприятием №1								Всего м³/ч	Полив м³/ч	ВСЕГО		Часы сутки		
	Первая зона		Вторая зона		Технич. нужды м³/ч	Хоз.-питьевые нужды				Душ м³/ч	БАНЯ				ПРАЧЕЧНАЯ			СТОЛОВАЯ	
	%	м³/ч	%	м³/ч		%	м³/ч	%	м³/ч		%	м³/ч			%	м³/ч		%	м³/ч
1	1	139,91	0,6	88,476	12,5	48,75	18,75	2,9625	15,65	2,40071							282	0,93	1
2	1	139,91	0,6	88,476	12,5	48,75	6,25	0,9875	12,05	1,84847							279,972	0,92	2
3	1	139,91	1,2	176,952	12,5	48,75	12,5	1,975	12,05	1,84847							369,435	1,22	3
4	1	139,91	2	294,92	12,5	48,75	12,5	1,975	12,05	1,84847							487,403	1,61	4
5	2	279,82	3,5	516,11	12,5	48,75	18,75	2,9625	12,05	1,84847							849,491	2,80	5
6	3	419,73	3,4	501,364	12,5	48,75	6,25	0,9875	12,05	1,84847							972,68	3,21	6
7	5	699,55	4,5	663,57	12,5	48,75	12,5	1,975	12,05	1,84847							1421,57	4,69	7
8	6,5	909,415	10,3	1518,838	12,5	49,375	12,5	2,5	12,05	2,169	14,4						2498,17	8,25	8
9	6,5	909,415	8,8	1297,648	12,5	49,375	18,75	3,75	15,65	2,817							2275,12	7,51	9
10	5,5	769,505	6,5	958,49	12,5	49,375	6,25	1,25	12,05	2,169							1801,23	5,95	10
11	4,5	629,595	4,1	604,586	12,5	49,375	12,5	2,5	12,05	2,169							1309	4,32	11
12	5,5	769,505	4,1	604,586	12,5	49,375	12,5	2,5	12,05	2,169							1440,74	4,76	12
13	7	979,37	3,5	516,11	12,5	49,375	18,75	3,75	12,05	2,169							1562,89	5,16	13
14	7	979,37	3,5	516,11	12,5	49,375	6,25	1,25	12,05	2,169							1560,39	5,15	14
15	5,5	769,505	4,7	693,062	12,5	49,375	12,5	2,5	12,05	2,169							1530,2	5,05	15
16	4,5	629,595	6,2	914,252	12,5	48,75	12,5	1,975	12,05	1,84847	18						1628,01	5,37	16
17	5	699,55	10,4	1533,584	12,5	48,75	18,75	2,9625	15,65	2,40071							2300,83	7,59	17
18	6,5	909,415	9,4	1386,124	12,5	48,75	6,25	0,9875	12,05	1,84847							2361,69	7,80	18
19	6,5	909,415	7,3	1076,458	12,5	48,75	12,5	1,975	12,05	1,84847							2051,54	6,77	19
20	5	699,55	1,6	235,936	12,5	48,75	12,5	1,975	12,05	1,84847							1003	3,31	20
21	4,5	629,595	1,6	235,936	12,5	48,75	18,75	2,9625	12,05	1,84847							934	3,08	21
22	3	419,73	1	147,46	12,5	48,75	6,25	0,9875	12,05	1,84847							635	2,10	22
23	2	279,82	0,6	88,476	12,5	48,75	12,5	1,975	12,05	1,84847							432	1,43	23
24	1	139,91	0,6	88,476	12,5	48,75	12,5	1,975	12,05	1,84847	14,4						307	1,01	24
Всего:	100	13991	100	14746	300	1175	300	51,6	300	48,68	46,8						30294,1	0	
	Qx.п.1	13991	Qx.п.2	14746	Qсут=	1175	Qсут=	51,6	Qсут=	48,68	46,8						30294,1	0	
					Qсм1=	395	Qсм1=	20	Qсм1=	18									
					Qсм2=	390	Qсм2=	15,8	Qсм2=	15,34									
					Qсм3=	390	Qсм3=	15,8	Qсм3=	15,34									

1 Реконструкция систем водоснабжения

При проектировании системы водоснабжения и отдельных ее элементов надлежит учитывать динамику развития водопотребления (рост численности населения, рост запросов потребителей, расширение и развитие промышленности, сельского хозяйства и, при необходимости, садово-паркового хозяйства), а также требования обеспечения надежности при воздействии на них дестабилизирующих факторов природного и техногенного происхождения. В проекте должны предусматриваться прогрессивные технические решения, механизация трудоемких работ, автоматизация технологических процессов и максимальная индустриализация строительного-монтажных работ за счет применения сборных конструкций, типовых изделий и деталей, в том числе из новых материалов.

Порядок разработки и согласования, состав проектной документации, включая разработку экологического паспорта, для строящихся и реконструируемых систем питьевого водоснабжения следует принимать в соответствии с СНБ 1.03.02.

Системы водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды подразделяются на три категории:

– первая (I) – допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30% расчетного расхода; длительность снижения подачи не должна превышать трое суток; перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденного и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов и др.), но не более чем на 10 мин;

– вторая (II) – величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при первой категории; длительность снижения подачи воды не должна превышать 10 суток; перерыв в подаче воды или снижение подачи воды ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденных и включения резервных элементов или проведение ремонта, но не более чем на 6 ч;

– третья (III) – величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при первой категории; длительность снижения подачи не должна превышать 15 суток; перерыв в подаче воды или снижение подачи воды ниже указанного предела допускается на время проведения ремонта, но не более чем на 24 ч.

Системы водоснабжения поселений при числе жителей в них более 50 тыс. человек следует относить к первой категории; от 5 до 50 тыс. человек – ко второй категории; менее 5 тыс. человек – к третьей категории.

1.1 Трассировка существующих и проектируемых объектов водоснабжения населенного пункта и промышленного предприятия

Трассировка водопроводной сети обусловлена улицами и кварталами генплана и охватывает новые строящиеся районы города. Распределение расхода воды на нужды населения производится равномерно по длине сетей с учётом плотности застройки по определённым районам города, в соответствии с [1].

Для существующего положения курсовая работа предусматривает расчет водопроводной сети, которая состоит из следующих элементов: водозаборные сооружения из подземных источников (насосная станция 1-го подъема); водоводы 1-го подъема, которые транспортируют воду от источника водоснабжения без дополнительной очистки к кольцевой водопроводной сети населенного пункта; разводящая водопроводная сеть (состоящая из двух-трех магистральных колец); водонапорная башня.

С учетом расширения жилой застройки требуется выполнить трассировку сетей водопровода в районе новых кварталов жилой застройки (в виде дополнительного водопроводного кольца), а также, при обосновании, сетей, дополнительно к существующим, на участках с недостаточной пропускной способностью. Кроме того, случай реконструкции системы водоснабжения предусматривает: строительство дополнительных водозаборных скважин (на существующей или новой площадке первого подъема); строительство водоводов 1-го подъема от водозаборных скважин до площадки сооружений 2-го подъема (станция обезжелезивания с насосной станцией 2-го подъема и РЧВ); строительство водоводов 2-го подъема от площадки сооружений 2-го подъема до колодца подключения к разводящей городской сети; консервация водонапорной башни; строительство руслового водозабора раздельного типа на поверхностном источнике водоснабжения и водоводов до площадки промышленного предприятия (проект предусматривает использование речной воды промышленным предприятием для технологических нужд).

Сети по городу проектируются с устройством камер и колодцев, выполняемых из сборных железобетонных элементов. Для наружного пожаротушения на сетях предусматривается установка пожарных гидрантов.

1.2 Проектирование и расчёт водозаборных сооружений из подземного источника

Питьевое водоснабжение населенного пункта базируется на эксплуатации подземных вод, водоносного комплекса среднедевонских отложений.

Основным источником водоснабжения является существующий водозабор подземных вод.

Качество воды подземного водозабора соответствует требованиям СанПиН 10-124 РБ 99 [9] за исключением повышенного содержания железа. Реконструкция водозабора из подземных источников заключается в проверке требуемого количества скважин для обеспечения подачи в город максимального суточного расхода (до и после его увеличения) и выполняется в соответствии со строительными нормами Республики Беларусь [1]. Количество резервных скважин следует принимать в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Количество резервных скважин на водозаборе категории

Количество рабочих скважин	Количество резервных скважин на водозаборе категории		
	I	II	III
От 1 до 4	1	1	1
От 5 до 12	2	1	–
13 и более	20 %	10%	–

Примечания

1. В зависимости от гидрогеологических условий и при соответствующем обосновании количество резервных скважин может быть увеличено.
2. Для водозаборов всех категорий следует предусматривать наличие на складе резервных насосов:
один – при количестве рабочих скважин до 12; 10% от кол-ва рабочих скважин – то же более 12.
3. Категории водозаборов по надежности подачи воды следует принимать согласно строительным нормам Республики Беларусь [1].

1.2.1 Расчёт основных параметров подземного водозабора для существующего положения

При проектировании водозаборных сооружений для забора воды из подземных источников при известном дебите скважины одной из основных задач является определение числа рабочих скважин:

$$n = \frac{Q}{q_{вз}}, \text{ шт.}, \quad (1)$$

где Q – суммарный дебит группы взаимодействующих скважин принимаемый равным:

$$Q = \frac{Q_{сут.макс.}}{T}, \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (2)$$

где $Q_{сут.макс.}$ – максимальный суточный расход (согласно сводной таблице почасового водопотребления), м³/сут.

T – время работы водозабор в течение суток; принимается $T=12-24$ часа;

$$Q = \frac{30294}{24} = 1262 \text{ м}^3 / \text{час} (350,6 \text{ л} / \text{с}),$$

$q_{вз}$ – дебит скважины с учётом взаимодействия, м³/ч,

$$q_{вз} = \alpha \cdot q, \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (3)$$

где α – коэффициент взаимодействия, принимаемый в зависимости от типа грунта и с учётом расстояния между скважинами (по заданию), $\alpha = 0,9$.

q – дебит одной скважины, м³/ч,

$$q_{вз} = 0,9 \cdot 100 = 90 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Тогда число рабочих скважин равно:

$$n = \frac{1262}{90} \approx 14 \text{ шт.}$$

После расчёта количества скважин определяется фактический дебит одной скважины (м³/сут, м³/ч, л/с):

$$q_{факт.}^{сут.} = \frac{Q_{сут.макс.}}{n}, \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (4)$$

$$q_{факт.}^{сут.} = \frac{30294}{14} = 2164 \text{ м}^3 / \text{сут},$$

$$q_{факт.}^{час.} = \frac{q_{факт.}^{сут.}}{24}, \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (5)$$

$$q_{факт.}^{час.} = \frac{2164}{24} = 90,16 \text{ м}^3 / \text{ч} (25 \text{ л} / \text{с})$$

Абсолютная отметка устья скважины принимается согласно генплану $Z = 250,5$ м. К эксплуатации принят пласт на глубине 40 м от поверхности земли. Мощность водоносного пласта $m=20$ м. Динамический уровень располагается на 38 м от поверхности земли, статический на 19 м от поверхности земли (по заданию на проектирование).

Расстояние между скважинами:
 при дебите до 20 м³/ч – 70 – 100 м,
 20 – 100 м³/ч – 100 – 150 м,
 100 – 500 м³/ч – 120 – 150 м.

Подбор оборудования для подъема воды основывается на подаче насоса и требуемом давлении. Подача насоса:

$$q_{\text{нас.}} = q_{\text{факт.}}^{\text{час.}} = 90,16 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Требуемое давление определяется из условия:

$$P = P_{\text{ст}} + \Delta p, \text{ МПа.} \quad (6)$$

Таблица 3 – Определение диаметров и потерь давления в сборных водоводах до реконструкции

Участок	Расчётный расход, л/с	Диаметр участка, мм	Скорость на участке, м/с	Длина участка, м	1000i	Потери напора, м	Потери давления, МПа
1–2	50	250	0,94	140	4,25	0,594	0,06
2–3	100	300	1,3	142	6,46	0,918	0,01
3–4	150	400	1,11	164	3,3	0,542	0,005
4–5	200	450	1,17	142	3,15	0,448	0,004
5–6	250	500	1,196	75	2,89	0,217	0,002
6–ВК1	350,6	600	1,18	2900	2,25	6,53	0,065
Σ						9,25	0,093

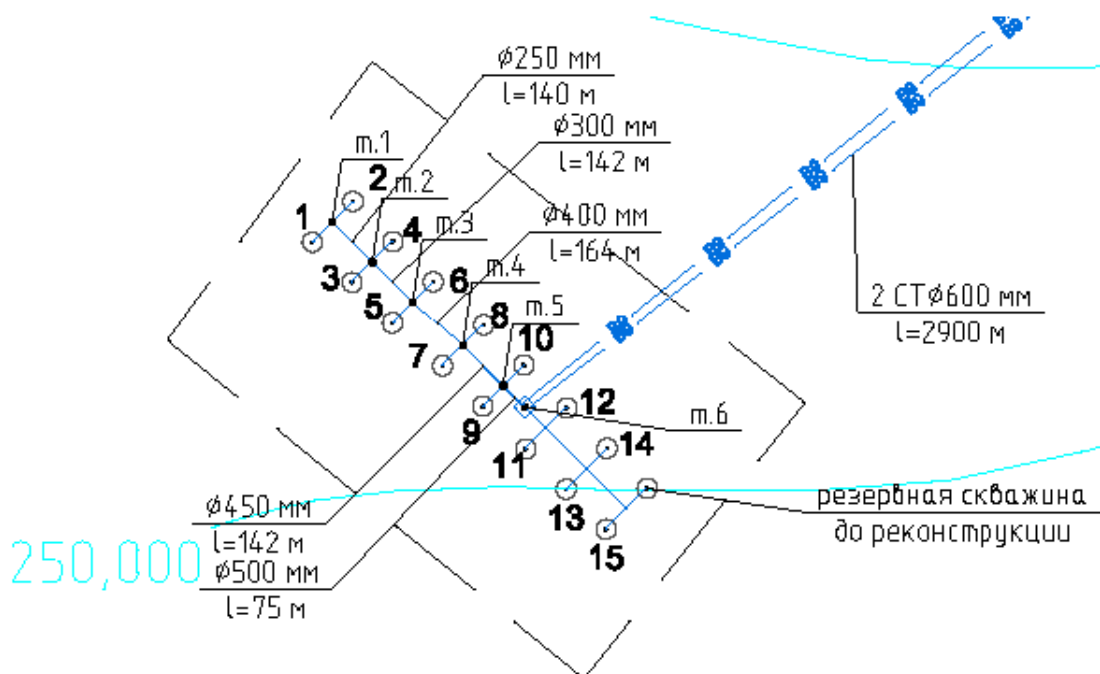


Рисунок 1 – Площадка сооружений 1-го подъема для случая до реконструкции

1.2.2 Расчёт основных параметров подземного водозабора после реконструкции

Максимальный суточный расход населенного пункта $Q_{\text{сут.макс}}$ после реконструкции определяется с учётом процента **увеличения максимально-суточных расходов** (по заданию на проектирование): для первого и/или второго районов (где увеличение числа кварталов жилой застройки) и за счет увеличения расхода для промышленного предприятия в первую смену. Согласно сводной таблице почасового потребления для случая реконструкции определим суммарный дебит группы взаимодействующих скважин:

$$Q = \frac{35838}{24} = 1493,3 \text{ м}^3 / \text{ч} (414,8 \text{ л/с}).$$

Дебит скважины с учётом взаимодействия, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_{\text{вз}} = 0,9 \cdot 100 = 90 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Тогда число рабочих скважин равно:

$$n = \frac{1493,3}{90} = 16,6 \approx 17 \text{ шт.}$$

После расчёта количества скважин определяется фактический дебит одной скважины ($\text{м}^3/\text{сут}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, л/с):

$$q_{\text{факт.}}^{\text{сут.}} = \frac{35838}{17} = 2108 \text{ м}^3 / \text{сут};$$

$$q_{\text{факт.}}^{\text{час.}} = \frac{2108}{24} = 87,8 \text{ м}^3 / \text{ч} (24,4 \text{ л/с}).$$

Абсолютная отметка устья скважины не изменилась и составляет $Z = 250,5 \text{ м}$. К эксплуатации принят пласт на глубине 40 м от поверхности земли. Мощность водоносного пласта $m = 20 \text{ м}$.

Подача насоса:

$$q_{\text{нас.}} = q_{\text{факт.}}^{\text{час.}} = 87,8 \text{ м}^3 / \text{час}.$$

Таблица 4 – Определение диаметров и потерь давления в сборных водоводах после реконструкции

Участок	Расчётный расход, л/с	Диаметр участка, мм	Скорость на участке, м/с	Длина участка, м	1000i	Потери напора, м	Потери давления, МПа
1–2	48,8	250	0,91	140	4,05	0,576	0,06
2–3	97,6	300	1,29	142	6,22	0,876	0,01
3–4	146,4	400	1,08	164	3,155	0,17	0,002
4–5	195,2	450	1,15	142	3	0,427	0,004
5–6	244	500	1,17	75	2,76	0,207	0,002
6–СО	414,8	600	1,39	286	3,12	0,891	0,09
Σ						3,147	0,031

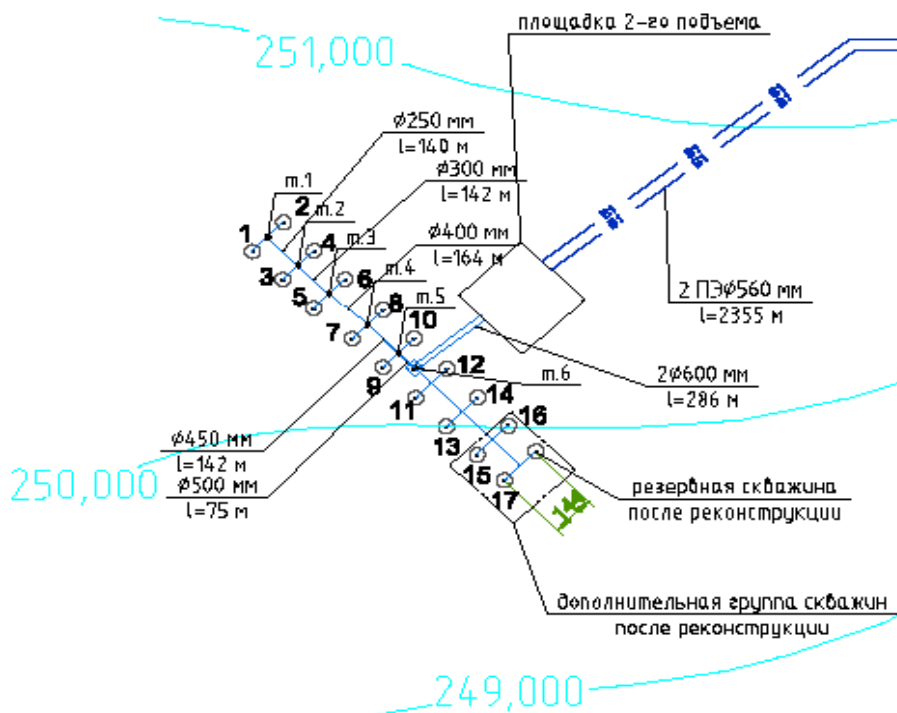


Рисунок 2 – Площадка сооружений 1-го и 2-го подъема для случая реконструкции

1.3 Расчёт сооружений для забора воды из поверхностного источника

Расчёт сооружений для забора воды из поверхностного источника производится на основании требований строительных норм Республики Беларусь [1], и в соответствии с водным кодексом Республики Беларусь [2], и Законам Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении» [3].

1.3.1 Выбор места расположения и типа речного водозаборного сооружения

К проектированию принимается русловой водозабор. Согласно заданию на проектирование данный водозабор будет обеспечивать техническое водоснабжение промышленного предприятия. Русловой водозабор состоит из оголовка, самотечной линии и берегового колодца. По взаимному расположению берегового колодца и насосной станции проектируем водозабор раздельного типа.

1.3.2 Гидравлический расчет элементов поверхностного водозабора

Расчетный расход одного трубопровода самотечных линий ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$q_{\text{расч}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{макс.сут}}}{T_1 \cdot n \cdot 3600}, \text{м}^3 / \text{с}, \quad (7)$$

где α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды водопровода, принимаем $\alpha = 1,09 \dots 1,1 (\alpha = 1,09)$;

$Q_{\max \text{ сут}}$ – максимальный суточный расход на технологические нужды промышленного предприятия, $\text{м}^3/\text{сут}$;

T_1 – продолжительность работы насосной станции первого подъема поверхностного водозабора, ч; при круглосуточной работе $T_1=24$ ч;

n – число секций, трубопроводов ($n=2$).

Расчет самотечной линии заключается в определении диаметра водовода и потерь напора в нем, исходя из следующих требований: скорость движения воды должна быть не менее скорости течения в реке при УНВ и не менее незаилающей скорости $0,7$ м/с. Диаметр самотечных труб определим по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{q_{\text{расч}}}{0,785 \cdot V_{\text{расч}}}}, \text{ м}, \quad (8)$$

$$d = \sqrt{\frac{0,01}{0,785 \cdot 0,7}} = 0,120 \text{ м}.$$

Принимаем стандартный диаметр $d = 100$ мм, округляя полученный по расчету в меньшую сторону, и проверяем скорость движения воды в трубе:

$$v = \frac{q_{\text{расч}}}{F_{\text{сам}}} > 0,7 \text{ м/с}, \quad (9)$$

$$v = \frac{q_{\text{расч}}}{F_{\text{сам}}} = \frac{0,01 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,1^2} = 1,02 \text{ м/с} (> 0,7 \text{ м/с}).$$

Диаметр всасывающей линии определяется по расчетному расходу одной секции и скорости во всасывающей трубе $V_{\text{вс}}=0,6 \div 1$ м/с:

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{q_{\text{расч}}}{0,785 \cdot V_{\text{вс}}}}, \quad (10)$$

Полученный диаметр округляют до ближайшего стандартного $d_{\text{вс}}$.

Для расчетного случая:

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{0,01}{0,785 \cdot 1,0}} = 0,1 \text{ м} (100 \text{ мм}).$$

Принимаем диаметр всасывающей линии равный 100 мм (ближайший стандартный диаметр), диаметр воронки на концах всасывающих труб:

$$D = (1,3 \dots 1,5) \cdot d_{\text{вс}} = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15 \text{ м}. \quad (11)$$

1.3.3 Расчет подачи и напора (давления) насосного оборудования

Подача насосного оборудования ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q_{\text{НС}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{макс сут}}}{T_1 \cdot 3600}, \quad (12)$$

где T_1 – время работы насосного оборудования, ($T_1=24$ часа).

$$Q_{\text{НС}} = \frac{1,1 \cdot 1309,3}{24 \cdot 3600} = 0,016 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Подача одного рабочего насоса:

$$q_n = \frac{Q_{\text{НС1}}}{n} = \frac{0,016}{4} = 0,004 \text{ м}^3 / \text{с},$$

где n – количество рабочих насосов, $n \geq 2$.

Давление насосов:

$$P_n = P_{\text{ст}} + \sum p, \text{ МПа}, \quad (13)$$

где $P_{\text{ст}}$ – статическое давление, МПа, обусловленное высотой столба воды, м,

$$P_{\text{ст}} = H_r \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (14)$$

где H_r – геометрическая высота подъёма, м:

$$H_r = Z_{\text{земл.пл}} + 100 \cdot P_{\text{тр}} - Z_{\text{минвс}}, \text{ м}, \quad (15)$$

$$H_r = 247,5 + 100 \cdot 0,25 - 241,21 = 31,29 \text{ м},$$

где $Z_{\text{земл.пл}}$ – отметка земли площадки предприятия;

$P_{\text{тр}}$ – требуемое давление на площадке предприятия, МПа;

$Z_{\text{минвс}}$ – расчетная отметка всасывания в береговом колодце руслового водозабора (определяется по заданию);

$$P_{\text{ст}} = 31,29 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,31 \text{ МПа};$$

сумма потерь давления:

$$\sum p = p_{\text{вс}} + p_{\text{ком}} + p_{\text{водом}} + p_{\text{НС-ПП}}, \quad (16)$$

где $p_{\text{вс}}$ – потери давления на всасывание:

$$p_{\text{вс}} = h_{\text{вс}} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (17)$$

$h_{\text{вс}}$ – потери напора на всасывание, $h_{\text{вс}} = 0,5$ м;

$$p_{\text{вс}} = 0,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,0049 \text{ МПа};$$

$p_{\text{ком}}$ – потери давления в коммуникациях НС:

$$p_{\text{ком}} = h_{\text{ком}} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (18)$$

$h_{\text{ком}}$ – потери напора в коммуникациях, $h_{\text{ком}} = 3,0$ м;

$$p_{\text{ком}} = 3 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,0294 \text{ МПа};$$

$p_{\text{водом}}$ – потери давления в водомере:

$$p_{\text{водом}} = h_{\text{водом}} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (19)$$

$h_{\text{водом}}$ – потери напора в водомере, $h_{\text{водом}} = 1,0$ м;

$$p_{\text{водом}} = 1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,00981 \text{ МПа};$$

$p_{\text{НС-ПП}}$ – потери давления при движении воды от насосной станции руслового водозабора до площадки промпредприятия:

$$p_{\text{НС-ПП}} = h_{\text{НС-ПП}} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (20)$$

$h_{\text{НС-ПП}}$ – потери напора при движении воды от берегового колодца до промпредприятия определяются с использованием таблиц Шевелева для водоводов: при расчетном расходе одной ветки напорных трубопроводов $0,7 \times 57,6 = 40,32 \text{ м}^3/\text{ч}$ или 11 л/с принимаем две ветки $\varnothing 160 \text{ мм}$, при длине водоводов 640 м потери составят $2,4 \text{ м}$.

$$p_{\text{НС-пп}} = 2,4 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,024 \text{ МПа.}$$

$$\sum p = 0,0049 + 0,0294 + 0,0981 + 0,024 = 0,16 \text{ МПа.}$$

$$P_{\text{н}} = 0,31 + 0,16 = 0,47 \text{ МПа.}$$

По расчетному давлению 0,47 МПа и подаче 16 л/с (66 м³/ч) подбирается насосное оборудование водозабора технической воды.

1.3.4 Мероприятия по санитарной охране водозабора из поверхностного источника водоснабжения

Водозабор должен иметь зону санитарной охраны. На генплане сетей и сооружений водоснабжения населенного пункта для случая расширения жилой застройки вычерчивается 1-й пояс зоны санитарной охраны поверхностного водозабора.

В первом поясе зоне строгого режима размещают все водозаборные сооружения. Здесь запрещаются все виды строительства, проживание людей, купание, выпас скота, рыбная ловля и другие виды занятий. Первый пояс зоны должен иметь военизированную охрану, его границы устанавливают в зависимости от местных санитарно-топографических и гидрогеологических условий, но не менее:

- 200 м от водозабора вверх по течению реки;
- 100 м вниз по течению;
- 100 м от уреза воды при наивысшем уровне по прилегающему к водозабору берегу;
- вся акватория водоема и 50 м на противоположном берегу при ширине реки до 100 м;
- 100 м акватории при ширине реки больше 100 м.

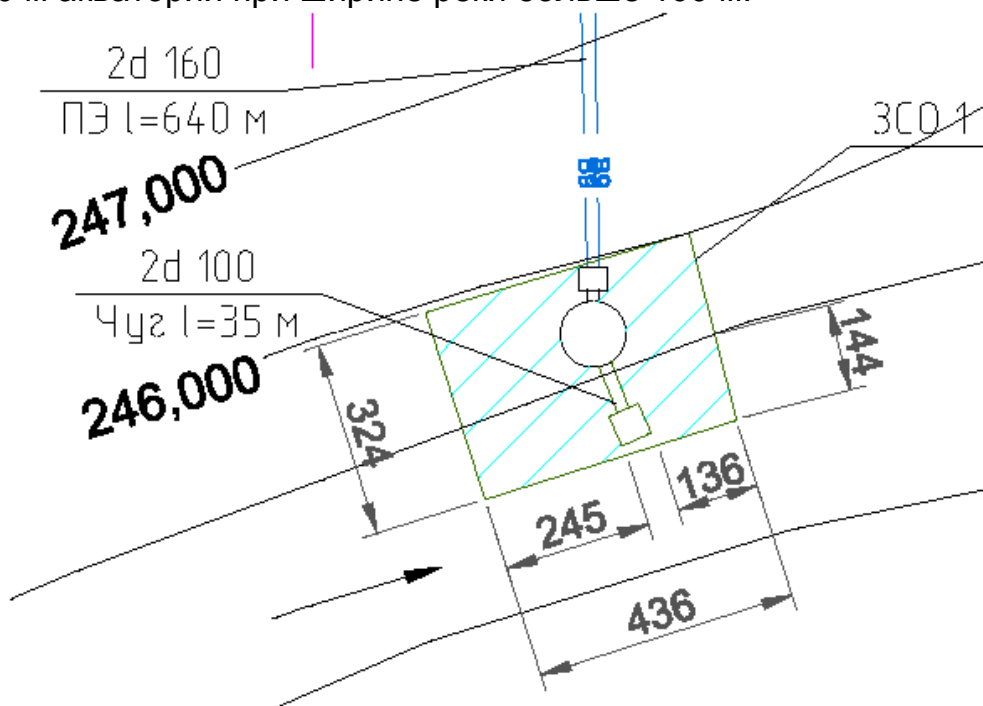


Рисунок 3 – Зона санитарной охраны (1-й пояс) поверхностного водозабора

1.4 Реконструкция водоводов и водопроводных сетей

1.4.1 Гидравлический расчёт городской водопроводной сети для существующего положения

Гидравлический расчет городской водопроводной сети выполняется согласно требованиям строительных норм Республики Беларусь [1] и Закону Республики Беларусь [3] и с учетом рекомендаций экологических норм и правил Республики Беларусь [16].

1.4.1.1 Выбор системы водоснабжения

В курсовой работе принимается система водоснабжения населенного пункта с забором воды из подземного источника. Водопроводная сеть проектируется кольцевой, с водонапорной башней (для случая до реконструкции). По сводной таблице почасового водопотребления (исходные данные) строится суточный график водопотребления.

1.4.1.2 Определение подачи насосной станции первого подъёма

Подача насосной станции первого подъёма:

$$q_{НС1} = \frac{Q_{сут.мах.} \cdot q_1}{100 \cdot 3,6}, \text{ л/с}, \quad (21)$$

где $Q_{сут.мах.}$ – максимальный суточный расход, м³/сут,

q_1 – подача насосной станции первого подъёма в процентах.

$$q_{НС1} = \frac{30294 \cdot 4,17}{100 \cdot 3,6} = 350,91 \text{ л/с}$$

Подача из водонапорной башни:

$$q_6 = q_{мах} - q_1, \text{ л/с}, \quad (22)$$

где $q_{мах}$ – максимальный часовой расход, л/с,

$$q_6 = 2498 / 3,6 - 350,91 = 693,9 - 350,91 = 343,03 \text{ л/с}$$

Согласно заданию на проектирование принят объединённый хозяйственно-питьевой противопожарный трубопровод с расчётным расходом воды на пожар: 2 по $q_{пож}=15$ л/с, тогда

$$q_{НС1\text{ пож}} = q_{НС1} + q_{пож}, \text{ л/с}, \quad (23)$$

$$q_{НС1\text{ пож}} = 350,91 + 30 = 380,91 \text{ л/с}.$$

1.4.1.3 Определение удельных расходов воды

Удельный расход воды (расход на единицу длины сети) определяется для каждой зоны застройки отдельно по формуле:

$$q_{уд} = \frac{Q_{пут}}{L}, \frac{\text{л}}{\text{с} \cdot \text{м}}, \quad (24)$$

где $Q_{пут}$ – путевой расход, отбираемый равномерно из всего участка магистрального трубопровода, л/с;

L – расчетная сумма приведенных длин линий, из которых вода потребляется с расходом $Q_{пут}$, м.

В соответствии с генпланом длина магистральных линий в 1-ом районе составляет: $L_1 = 4391,00\text{м}$, а во 2-м районе: $L_2 = 4062,00\text{м}$.

Удельный расход воды соответственно для 1-го и для 2-го районов:

$$q_{уд.1} = Q_{пут.1} / L_1 = 252,62/4391 = 0,05753 \text{ л/с}\cdot\text{м};$$

$$q_{уд.2} = Q_{пут.2} / L_2 = 421,90/4062 = 0,10386 \text{ л/с}\cdot\text{м}.$$

1.4.1.4 Определение путевых расходов воды

Расходы воды, отбираемые на участках магистральных трубопроводов (путевые расходы), определяются из выражения:

$$q_{пут. i} = q_{уд} \cdot L_i, \text{ л/с}, \quad (25)$$

где $q_{уд}$ – удельный расход, л/с·м;

L_i – длина участка, м.

Результаты расчетов путевых расходов сводятся в таблицу 5.

Таблица 5 – Вычисление расходов магистральных трубопроводов

Район	Расход уд., л/с м	Участок	Приведенная длина, м	Длина в расчет, м	Расход qпут., л/с
1	0,05753	1-2	1034,00	1034,00	59,49
		2-7	800,00	800,00	46,02
		5-6	901,00	901,00	51,83
		1-6	1656,00	1656,00	95,27
		сумма по р-ну		4391,00	252,62
2	0,10386	2-3	1287,00	1287,00	133,67
		3-4	1429,00	1429,00	148,42
		4-5	508,00	508,00	52,76
		5-7	838,00	838,00	87,04
		сумма по р-ну		4062,00	421,90
		сумма пут по гор			674,51

1.4.1.5 Определение узловых расходов воды

Узловые расходы условно принимаются фиксированными, не зависящими от напора в водопроводной сети, и определяются по формуле:

$$q_{узн} = (0,5 \cdot \sum q_{пут}) + Q_{кр.п.}, \text{ л/с}, \quad (26)$$

где $q_{узн}$ – водоотбор из узла, л/с;

$\sum q_{пут}$ – сумма путевых расходов воды на участках, примыкающих к рассматриваемому узлу, л/с;

$Q_{кр.п.}$ – отбор воды крупными водопотребителями из узла, л/с.

Расчет узловых расходов воды сводится в таблицу 6.

Таблица 6 – Вычисление узловых расходов

Номер узловой точки	Номера, прилегающие к узловой точке участков		S фпут, л/с	Qкр.п	quзл, л/с
1	1-2, 1-6		154,76		77,38
2	1-2, 2-3, 2-7		239,18	0,41	120,00
3	2-3, 3-4		282,10		141,05
4	3-4, 4-5		201,19	19,01	119,61
5	4-5, 5-6, 7-5		191,64		95,82
6	6-5, 1-6		147,10		73,55
7	5-7, 7-2		133,06		66,53
			1349,03	19,42	693,94

1.4.1.6 Проектирование водонапорной башни

Водонапорная башня предназначена для хранения регулирующего и противопожарного запаса воды, а также для создания и поддержания в сети необходимого напора.

Определение регулирующего объёма бака водонапорной башни в курсовом проекте ведётся в табличной форме.

Таблица 7 – Определение регулирующего объёма бака водонапорной башни

Часы сут	Потребл. воды населением	Подача НС, %	Поступл. в бак, %	Расход из бака, %	Остаток в баке, %	Факт. Остаток в баке, %
1	2	3	4	5	6	6
1	0,93	4,16	3,23	–	0	9,88
2	0,92	4,16	3,24	–	3,23	13,11
3	1,22	4,16	2,94	–	6,46	16,34
4	1,61	4,16	2,55	–	9,40	19,28
5	2,80	4,17	1,37	–	11,95	21,83
6	3,21	4,17	0,96	–	13,32	23,20
7	4,69	4,17		0,52	14,28	24,16
8	8,25	4,17		4,08	13,76	23,64
9	7,51	4,17		3,34	9,68	19,56
10	5,95	4,17		1,78	6,34	16,22
11	4,32	4,17		0,15	4,57	14,44
12	4,76	4,17		0,59	4,42	14,29
13	5,16	4,17		0,99	3,83	13,71
14	5,15	4,17		0,98	2,84	12,72
15	5,05	4,17		0,88	1,86	11,74
16	5,37	4,17		1,20	0,98	10,86
17	7,59	4,17		3,42	-0,23	9,65
18	7,80	4,17		3,63	-3,65	6,23
19	6,77	4,17		2,60	-7,28	2,60
20	3,31	4,17	0,86	–	-9,88	0
21	3,08	4,16	1,08	–	-9,02	0,86
22	2,10	4,16	2,06	–	-7,94	1,94
23	1,43	4,16	2,73	–	-5,88	4,00
24	1,01	4,16	3,15	–	-3,15	6,73

Полный объем водонапорной башни определяется по формуле:

$$W_{п(б)} = W_{рег(б)} + W_{пож}, \text{ м}^3, \quad (27)$$

где $W_{рег(б)}$ – регулирующий объем бака водонапорной башни, м^3 , определяемый по формуле:

$$W_{рег(б)} = P_{\max} \cdot \frac{Q_{сут. \max}}{100}, \text{ м}^3, \quad (28)$$

P_{\max} – максимальное значение фактического остатка из таблицы 7, %;

$Q_{сут. \max}$ – максимальный суточный расход, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$W_{пож}$ – неприкосновенный противопожарный объем воды в баке башни, м^3 , определяемый формулой:

$$W_{пож} = 60 \cdot Q_{пож} \cdot t, \text{ м}^3, \quad (29)$$

t – время тушения пожара, мин ($t=10$ мин);

$Q_{пож}$ – расход воды на 10-ти минутную продолжительность одного внутреннего и одного наружного пожара, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$Q_{пож} = \frac{Q_{р.с.} + n_{нар.} \cdot q_{нар.} + n_{вн.} \cdot q_{вн.}}{1000}, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (30)$$

$Q_{р.с.}$ – расход в час максимального водопотребления, л/с;

$n_{нар.}$ – количество струй на наружное пожаротушение, принимаемое согласно этажности застройки, численности населения и данным по промпредприятию, равным 2;

$q_{нар.}$ – расход на наружное пожаротушение л/с, принимаемое аналогично, согласно подбору, равным 15 л/с;

$n_{вн.}$ – количество струй на внутреннее пожаротушение, принимается равным 2;

$q_{вн.}$ – расход на внутренние пожаротушение, л/с, принимается 2,5 л/с.

$$Q_{пож} = \frac{694 + 2 \cdot 15 + 2 \cdot 2,5}{1000} = 0,729 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Неприкосновенный противопожарный объем воды в баке башни:

$$W_{пож} = 60 \cdot 0,729 \cdot 10 = 437,4 \text{ м}^3.$$

Регулирующий объем бака водонапорной башни:

$$W_{рег(б)} = 24,16 \cdot \frac{30294}{100} = 7319 \text{ м}^3.$$

Полный объем водонапорной башни:

$$W_{п(б)} = 7319 + 437,4 = 7756,4 \text{ м}^3.$$

Определяется высота ствола водонапорной башни (с учетом последующих расчетов):

$$H_{вб} = Z_{пл(вб)} - Z_{з(вб)}, \text{ м}, \quad (31)$$

где $Z_{пл(вб)}$ – пьезометрическая отметка водонапорной башни, м;

$Z_{з(ВБ)}$ – отметка земли площадки водонапорной башни, м.

$$H_{ВБ} = (277,44 + 0,85) - 248,9 = 29,39 \approx 30 \text{ м.}$$

Разработаны типовые проекты водонапорных башни вместимостью 100, 150, 200, 300, 500, 800 м³, с высотой ствола 12...42 м.

1.4.1.7 Предварительное потокораспределение

После вычисления узловых расходов и определения подачи водопитателей осуществляется предварительное потокораспределение, целью которого является назначение желательных направлений движения воды в линиях сети и определение линейных расходов.

Перед распределением намечается точка схода потоков. Выбор этой точки зависит от взаимного расположения водопитателей. За точку схода потоков принимаем наиболее удаленный от водопитателей и высоко расположенный узел (в примере – № 2). Для всех линий сети намечается направление движения воды к точке схода потоков, затем участки сети нумеруются.

Предварительное потокораспределение расходов воды начинается с ближайшего к главному водопитателю узла, затем намечаются линейные расходы таким образом, чтобы для каждого узла было справедливо тождество:

$$\sum q_i = 0; \quad (32)$$

где $\sum q_i$ – сумма поступающих в i -й узел и уходящих из него расходов воды.

Поступающие в узел расходы принимаются со знаком “+”, уходящие – со знаком “-”.

Данные предварительного потокораспределения приводятся на рисунках.

1.4.1.8 Подбор материала и диаметров труб

С учетом требований строительных норм Республики Беларусь [1] в курсовой работе для существующего положения принимается следующий материал труб: в пределах населенного пункта – чугунные напорные трубы по ГОСТ 9583-75 (тип 2) и стальные по ГОСТ 10704-76 (тип 1). Диаметры труб на расчетных участках принимаются по значениям линейных расходов.

1.4.1.9 Увязка водопроводной сети

Гидравлическая увязка водопроводной сети выполняется с помощью ЭВМ. Расчет осуществляется по программе “WODSFF.BAS”, в среде QBASIC.

Таблица 8 – Исходные данные на час максимального водопотребления (до реконструкции)

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Тип труб
	слева	справа				
1	0	1	250	1034,00	40,00	2
2	1	2	200	800,00	40,00	2
3	1	2	350	838,00	106,50	2
4	1	0	400	901,00	159,98	2
5	1	0	450	1656,00	233,53	2
6	2	0	200	1287,00	40,00	2
7	0	2	400	1429,00	161,95	2
8	0	2	200	508,00	42,34	2
9	0	3	400	151,00	172,00	1
10	3	0	400	151,00	172,00	1
11	4	0	600	2900,00	350,91	1
12	0	4	600	2900,00	350,91	1

В рассматриваемом примере рассчитывается водопроводная сеть, состоящая из 4 колец и включающая 12 расчетных участков. Исходные данные по описанию расчётных участков представлены в таблицах 6, 7.

В пояснительной записке курсовой работы приводятся результаты гидравлического расчета для случаев максимального водопотребления и максимального водопотребления с учётом пожара (таблицы 10,11).

Таблица 9 – Исходные данные на час максимального водопотребления с учетом пожаротушения (до реконструкции)

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Тип труб
	слева	справа				
1	0	1	250	1034,00	55,00	2
2	1	2	200	800,00	40,00	2
3	1	2	350	838,00	106,50	2
4	1	0	400	901,00	174,98	2
5	1	0	450	1656,00	248,53	2
6	2	0	200	1287,00	40,00	2
7	0	2	400	1429,00	161,95	2
8	0	2	200	508,00	42,34	2
9	0	3	400	151,00	172,00	1
10	3	0	400	151,00	172,00	1
11	4	0	600	2900,00	190,50	1
12	0	4	600	2900,00	190,50	1

Таблица 10 – Результаты гидравлического расчета сети на случай максимального водопотребления (до реконструкции)

NN УЧ	NN КОЛЕЦ		ДИАМЕТР мм	ДЛИНА м	РАСХОД л/с	СКОРОСТЬ м/с	ПОТЕРИ м
	ЛЕВ	ПРАВ					
1	0	1	300	1034	85.1	1.16	7.1
2	1	2	150	800	-11.1	-.61	3.6
3	1	2	350	838	55.4	.56	1.12
4	1	0	400	901	114.8	.9	2.6
5	1	0	450	1656	188.4	1.18	6.97
6	2	0	250	1287	45.9	.91	6.85
7	0	2	400	1429	156	1.23	7.61
8	0	2	250	508	36.4	.72	1.7
9	0	3	400	151	172	1.29	.85
10	3	0	400	151	172	1.29	.85
11	4	0	600	2900	350.9	1.17	8.07
12	0	4	600	2900	350.9	1.17	8.07

Таблица 11 – Результаты гидравлического расчета сети на случай максимального водопотребления с учетом пожаротушения (до реконструкции)

NN УЧ	NN КОЛЕЦ		ДИАМЕТР мм	ДЛИНА м	РАСХОД л/с	СКОРОСТЬ м/с	ПОТЕРИ м
	ЛЕВ	ПРАВ					
1	0	1	300	1034	98.7	1.35	9.55
2	1	2	150	800	-10.5	-.58	3.23
3	1	2	350	838	56	.57	1.14
4	1	0	400	901	131.2	1.03	3.39
5	1	0	450	1656	204.8	1.28	8.24
6	2	0	250	1287	46.7	.92	7.09
7	0	2	400	1429	155.2	1.22	7.54
8	0	2	250	508	35.6	.7	1.63
9	0	3	400	151	172	1.29	.85
10	3	0	400	151	172	1.29	.85
11	4	0	600	2900	190.5	.63	2.38
12	0	4	600	2900	190.5	.63	2.38

Согласно результатам расчета поменялось направление потока на участке №2: новая диктующая точка – узел № 7.

1.4.1.10 Построение карт пьезолиний

Определение пьезометрических отметок в узлах начинают с диктующей точки, для которой:

$$Z_{\text{пл(дт)}} = Z_{\text{з(дт)}} + 100 \cdot P_{\text{тр}}, \text{ м}, \quad (33)$$

где $Z_{\text{пл(дт)}}$ – пьезометрическая отметка в диктующей точке, м; $Z_{\text{з(дт)}}$ – отметка земли в диктующей точке, определяется по генплану интерполяцией, м; $P_{\text{тр}}$ – требуемое давление в диктующей точке, определяемое в зависимости от этажности застройки:

$$P_{\text{тр}} = 0,1 + 0,04 \cdot (n - 11), \text{ МПа}, \quad (34)$$

где n – расчетная этажность застройки, этажей; для района, где находится диктующая точка, $n = 4$ этажа, откуда требуемое давление соответственно составит 0,22 МПа.

Отметки пьезолиний прочих узлов вычисляются при обходе сети по формуле:

$$Z_{п.л.(i+1)} = Z_{п.л.(i)} \pm 100 \cdot \Delta P_{[(i+1)-i]}, \text{ м}, \quad (35)$$

где $Z_{п.л.(i+1)}$ – пьезометрическая отметка последующего узла водопроводной сети, м;

$Z_{п.л.(i)}$ – пьезометрическая отметка предыдущего узла сети, м;

$\Delta P_{[(i+1)-i]}$ – потери давления на участке между $(i+1)$ и i -м узлами.

Избыточное давление в i -м узле можно вычислить по формуле или из выражения:

$$P_{(i)} = 0,01 \cdot (Z_{п.л.(i)} - Z_{з(i)}), \text{ Мпа}. \quad (36)$$

$Z_{з(i)}$ – отметка земли в узле, м, определяется по генплану интерполяцией.

Результаты расчета пьезометрических отметок и избыточных давлений для случая максимального водопотребления приводятся на рисунках. Для построения карт пьезолиний вычерчивается схема водопроводной сети, затем интерполяцией определяются и соединяются точки с одинаковыми значениями отметок, получается карта пьезолиний.

1.4.2 Гидравлический расчёт городской водопроводной сети в условиях реконструкции

При реконструкции сети для проектирования используется та же нормативная литература, что и при новом строительстве. Согласно требованиям строительных норм Республики Беларусь [1], при реконструкции и расширении системы подачи и распределения воды следует учитывать техническую, экономическую и санитарную оценки существующих сооружений, водоводов и сетей. Определение диаметров водоводов и водопроводных сетей при новом строительстве и реконструкции следует производить на основании технико-экономических расчетов, учитывая при этом условия их работы при аварийном выключении отдельных участков. При расчете сооружений, водоводов и водопроводной сети на период тушения пожара следует руководствоваться строительными нормами Республики Беларусь [21].

1.4.2.1 Выбор системы водоснабжения

В результате реконструкции увеличился суточный расход для жилой застройки, а также увеличился расход для 1-й смены промпредприятия. Принимается система водоснабжения с забором воды из подземного источника, как и для случая до реконструкции. При этом водопроводная сеть проектируется кольцевой, без водонапорной башни. Рассчитывается сводная таблица почасового водопотребления (таблица 12) и строится суточный график водопотребления.

1.4.2.2 Определение удельных расходов воды (после реконструкции)

В соответствии с генпланом длина магистральных линий в 1-м районе составляет: $L_1 = 4391,0$ м, а во 2-м районе: $L_2 = 8242,0$ м (увеличилась за счёт подключения новых кварталов).

Удельный расход воды:
для 1-го района:

$$q_{уд.1} = Q_{пут.1} / L_1 = 280,40 / 4391,0 = 0,0639 \text{ л/с}\cdot\text{м},$$

для 2-го района:

$$q_{уд.2} = Q_{пут.2} / L_2 = 569,56 / 8242,0 = 0,069 \text{ л/с}\cdot\text{м}.$$

1.4.2.3 Определение путевых расходов воды

Расходы воды, отбираемые на участках магистральных трубопроводов (путевые расходы), определяются аналогично, как и для случая до реконструкции. Результаты расчетов путевых расходов сводятся в таблицу 12.

Таблица 12 – Вычисление расходов магистральных трубопроводов

Район	Расход $q_{уд.}$, л/с м	Участок	Приведенна я длина, м	Длина в расчет, м	Расход $q_{пут.}$, л/с
		1-2	1034,0	1034,0	66,03
1,00	0,0639	2-7	800,0	800,0	51,09
		5-6	901,0	901,0	57,54
		1-6	1656,0	1656,0	105,75
		суммма по р-ну		4391,0	280,40
		2-3	1287,0	1287,0	88,94
2,00	0,069	3-4	1429,0	1429,0	98,75
		4-5	508,0	508,0	35,11
		3-8	980,0	980,0	67,72
		8-9	2220,0	2220,0	153,41
		4-9	980,0	980,0	67,72
		5-7	838,0	838,0	57,91
		суммма по р-ну		8242,0	569,6
		суммма пут по гор			850,0

Таблица 13 – Сводная таблица почасового водопотребления для случая расширения застройки (реконструкции системы водоснабжения)

Часы суток	Расход воды населением				Расход воды предприятием №1										Всего м3/ч	Полив м3/ч	ВСЕГО		Часы суток		
	Первая зона		Вторая зона		Технич. нужды м3/ч	Хоз.-питьевые нужды				Душ м3/ч	БАНЯ		ПРАЧЕЧНАЯ				СТОЛОВАЯ			м3/ч	%
	%	м3/ч	%	м3/ч		Холодные цеха % м3/ч	Горячие цеха % м3/ч	%	м3/ч		%	м3/ч	%	м3/ч			%	м3/ч			
1	1	155,3	0,6	119,443	12,5	0	18,75	2,9625	15,65	2,40071								280	0,78	1	
2	1	155,3	0,6	119,443	12,5	0	6,25	0,9875	12,05	1,84847								277,579	0,77	2	
3	1	155,3	1,2	238,885	12,5	0	12,5	1,975	12,05	1,84847								398,009	1,11	3	
4	1	155,3	2	398,142	12,5	0	12,5	1,975	12,05	1,84847								557,266	1,55	4	
5	2	310,6	3,5	696,749	12,5	0	18,75	2,9625	12,05	1,84847								1012,16	2,82	5	
6	3	465,9	3,4	676,841	12,5	0	6,25	0,9875	12,05	1,84847								1145,58	3,20	6	
7	5	776,501	4,5	895,82	12,5	0	12,5	1,975	12,05	1,84847								1682,02	4,69	7	
8	6,5	1009,45	10,3	2050,43	12,5	0	12,5	3,35	12,05	2,90646	14,4							3082,01	8,60	8	
9	6,5	1009,45	8,8	1751,82	12,5	0	18,75	5,025	15,65	3,77478								2782,19	7,76	9	
10	5,5	854,151	6,5	1293,96	12,5	0	6,25	1,675	12,05	2,90646								2173,14	6,06	10	
11	4,5	698,85	4,1	816,191	12,5	0	12,5	3,35	12,05	2,90646								1541,74	4,30	11	
12	5,5	854,151	4,1	816,191	12,5	0	12,5	3,35	12,05	2,90646								1689,2	4,71	12	
13	7	1087,1	3,5	696,749	12,5	0	18,75	5,025	12,05	2,90646								1803,9	5,03	13	
14	7	1087,1	3,5	696,749	12,5	0	6,25	1,675	12,05	2,90646								1800,55	5,02	14	
15	5,5	854,151	4,7	935,634	12,5	0	12,5	3,35	12,05	2,90646								1809,63	5,05	15	
16	4,5	698,85	6,2	1234,24	12,5	0	12,5	1,975	12,05	1,84847	24,12							1974,62	5,51	16	
17	5	776,501	10,4	2070,34	12,5	0	18,75	2,9625	15,65	2,40071								2865,79	8,00	17	
18	6,5	1009,45	9,4	1871,27	12,5	0	6,25	0,9875	12,05	1,84847								2898,12	8,09	18	
19	6,5	1009,45	7,3	1453,22	12,5	0	12,5	1,975	12,05	1,84847								2479,59	6,92	19	
20	5	776,501	1,6	318,514	12,5	0	12,5	1,975	12,05	1,84847								1113,4	3,11	20	
21	4,5	698,85	1,6	318,514	12,5	0	18,75	2,9625	12,05	1,84847								1037,23	2,89	21	
22	3	465,9	1	199,071	12,5	0	6,25	0,9875	12,05	1,84847								684,332	1,91	22	
23	2	310,6	0,6	119,443	12,5	0	12,5	1,975	12,05	1,84847								445,491	1,24	23	
24	1	155,3	0,6	119,443	12,5	0	12,5	1,975	12,05	1,84847	14,4							304,591	0,85	24	
Всего:	100	15530	100	19907,1	300	0	300	58,4	300	54,8	52,92							35838,2	0		
	Qх.п.1	15530	Qх.п.2	19907,1	Qсуг=	0	Qсуг=	58,4	Qсуг=	54,8	Qсуг=	52,92						35838,2	0		
					Qем1=		Qем1=	26,8	Qем1=	24,12											
					Qем2=		Qем2=	15,8	Qем2=	15,34											
					Qем3=		Qем3=	15,8	Qем3=	15,34											

1.4.2.4 Определение узловых расходов воды

Расчет узловых расходов воды сводится в таблицу 14.

Таблица 14 – Вычисление узловых расходов

Номер узловой точки	Номера, прилегающие к узловой точке участков	S $q_{пут}$, л/с	Q $_{кр.п}$	q $_{узл}$, л/с
1	1-2,1-6	171,78		85,89
2	1-2,2-3,2-7	206,05	0,41	103,44
3	2-3,3-4,3-8	255,41		127,71
4	3-4,4-5,4-9	201,58	5,74	106,53
5	4-5,5-6,7-5	150,55		75,28
6	6-5,1-6	163,29		81,64
7	5-7,7-2	109,00		54,50
8	8-9,3-8	221,14		110,57
9	9-4,9-8	221,14		110,57
		1699,9	6,15	856,1

1.4.2.5 Предварительное потокораспределение

Предварительное потокораспределение выполняется для случая максимального водопотребления и для случая максимального водопотребления с учётом пожара, аналогично, как и для случая до реконструкции.

Точка схода потоков в примере – узел 8.

Данные предварительного потокораспределения на случай максимального водопотребления и для случая максимального водопотребления с учётом пожара приводятся на рисунках.

1.4.2.6 Подбор материала и диаметров труб

Для новых кварталов жилой застройки принимаются трубы пластмассовые по ГОСТ18599–2001(ПЭ), для старых кварталов – чугунные напорные трубы по ГОСТ 9583-75 (тип 2) и стальные по ГОСТ 10704-76 (согласно результатам расчета существующего положения). Диаметры труб на расчетных участках принимаются по значениям линейных расходов.

1.4.2.7 Увязка водопроводной сети

Гидравлическая увязка водопроводной сети выполняется с помощью ЭВМ. Расчет осуществляется по программе “WODSFF.BAS”, в среде QBASIC. В примере рассчитывается водопроводная сеть, состоящая из 4 колец и включающая 13 расчетных участков. Представлены исходные данные по описанию расчётных участков для двух расчетных случаев.

Таблица 15 – Исходные данные на час максимального водопотребления (после реконструкции)

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Тип труб
	слева	справа				
1	0	1	630	1034,00	570,11	ПЭ
2	2	1	355	800,00	120,00	ПЭ
3	2	1	350	838,00	65,50	2
4	1	0	400	901,00	118,36	2
5	1	0	450	1656,00	200,00	2
6	0	2	560	1287,00	346,67	ПЭ
7	3	2	400	1429,00	163,39	2
8	2	0	355	508,00	108,58	ПЭ
9	0	3	280	980,00	55,57	ПЭ
10	3	0	280	2220,00	55,00	ПЭ
11	4	0	560	2355,00	428,00	ПЭ
12	0	4	560	2355,00	428,00	ПЭ
13	3	0	400	980,00	165,44	ПЭ

Таблица 16 – Исходные данные на час максимального водопотребления с учетом пожаротушения (после реконструкции)

№ участка	№№ колец		Диаметр, мм	Длина, м	Расход, л/с	Тип труб
	слева	справа				
1	0	1	630	1034,00	585,11	ПЭ
2	2	1	355	800,00	120,00	ПЭ
3	2	1	350	838,00	65,50	2
4	1	0	400	901,00	133,36	2
5	1	0	450	1656,00	215,00	2
6	0	2	560	1287,00	361,67	ПЭ
7	3	2	400	1429,00	163,39	2
8	2	0	355	508,00	108,58	ПЭ
9	0	3	280	980,00	70,57	ПЭ
10	3	0	280	2220,00	55,00	ПЭ
11	4	0	560	2355,00	443,00	ПЭ
12	0	4	560	2355,00	443,00	ПЭ
13	3	0	400	980,00	165,44	ПЭ

Результаты гидравлического расчета для случая максимального водопотребления и случая максимального водопотребления с учетом пожаротушения в курсовой работе приводятся в таблицах и на рисунках.

Таблица 17 – Результаты гидравлического расчета сети на случай максимального водопотребления (после реконструкции)

NN УЧ	КОЛЕЦ		ДИАМЕТР мм	ДЛИНА м	РАСХОД л/с	СКОРОСТЬ м/с	ПОТЕРИ м
	ЛЕВ	ПРАВ					
1	0	1	710	1034	580.2	1.62	2.7
2	2	1	355	800	135.1	1.5	4.3
3	2	1	350	838	80.6	.82	2.37
4	1	0	400	901	108.2	.85	2.31
5	1	0	450	1656	189.8	1.19	7.08
6	0	2	560	1287	341.6	1.53	4.07
7	3	2	400	1429	121.4	.95	4.61
8	2	0	355	508	113.5	1.26	2.01
9	0	3	280	980	92.5	1.66	8.38
10	3	0	280	2220	18	.32	1.04
11	4	0	560	2355	428	1.92	11.12
12	0	4	560	2355	428	1.92	11.12
13	3	0	400	980	128.4	1.13	2.73

Таблица 18 – Результаты гидравлического расчета сети на случай максимального водопотребления с учетом пожаротушения (после реконструкции)

NN УЧ	КОЛЕЦ		ДИАМЕТР мм	ДЛИНА м	РАСХОД л/с	СКОРОСТЬ м/с	ПОТЕРИ м
	ЛЕВ	ПРАВ					
1	0	1	710	1034	602	1.68	2.88
2	2	1	355	800	141.8	1.58	4.7
3	2	1	350	838	87.3	.89	2.79
4	1	0	400	901	116.4	.92	2.67
5	1	0	450	1656	198.1	1.24	7.7
6	0	2	560	1287	356.6	1.6	4.4
7	3	2	400	1429	127.6	1	5.1
8	2	0	355	508	113.5	1.26	2.01
9	0	3	280	980	101.2	1.81	9.83
10	3	0	280	2220	24.3	.43	1.77
11	4	0	560	2355	443	1.98	11.82
12	0	4	560	2355	443	1.98	11.82
13	3	0	400	980	134.7	1.18	2.97

Исходя из результатов гидравлического расчёта, делаем вывод, что при реконструкции необходима замена трубопроводов некоторых участков на трубы большего диаметра. На дополнительно проектируемых участках и участках с увеличенными диаметрами трубопроводов используем полиэтиленовые трубы ПЭ63 (MRS 6,3).

1.4.2.8 Построение карт пьезолиний

Построение карт пьезолиний производится таким же образом, как и для случая до реконструкции.

Результаты расчета пьезометрических отметок и фактического давления для случая максимального водопотребления и для случая максимального водопотребления с учётом пожара приводятся на рисунках.

1.4.2.9 Определение размеров резервуаров чистой воды (РЧВ)

Резервуары предназначены для хранения хозяйственных, противопожарных, технологических и аварийных запасов воды. В зависимости от конструкции и принципа работы они бывают: по форме – круглые и прямо-

угольные; по степени заглубления – подземные и полуподземные; по материалу – железобетонные и бетонные.

Определение регулирующего объема РЧВ в курсовом проекте ведется в табличной форме (таблица 19).

Полный объем РЧВ определяется по формуле:

$$W_{\text{полн(РЧВ)}} = W_{\text{рег(РЧВ)}} + W_{\text{с.н.(РЧВ)}} + W_{\text{пож(РЧВ)}}, \text{ м}^3, \quad (37)$$

где $W_{\text{рег(РЧВ)}}$ – регулирующий объем, м^3 ,

$$W_{\text{рег(РЧВ)}} = P_{\text{max}} \cdot \frac{Q_{\text{сут.макс.}}}{100}, \text{ м}^3; \quad (38)$$

P_{max} – максимальное значение фактического остатка из таблицы 12;

$Q_{\text{сут.макс.}}$ – максимальный суточный расход, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$$W_{\text{рег(РЧВ)}} = 25,54 \cdot \frac{35838}{100} = 9154,6 \text{ м}^3;$$

$W_{\text{пож(РЧВ)}}$ – неприкосновенный противопожарный запас воды, м^3 ;

$$W_{\text{пож(РЧВ)}} = ((q_1 + q_2 + q_3) - t_n \cdot q_n) + (n_{\text{нар}} \cdot q_{\text{нар}} + n_{\text{вн}} \cdot q_{\text{вн}}) \cdot t_n, \text{ м}^3, \quad (39)$$

где (q_1, q_2, q_3) – расходы в течение трёх смежных часов максимального водопотребления, $\text{м}^3/\text{ч}$;

q_n – расход на полив, $\text{м}^3/\text{ч}$;

t_n – время тушения пожара, ч;

$n_{\text{нар}}$ – количество струй на наружное пожаротушение;

$q_{\text{нар}}$ – расход на наружное пожаротушение, л/с; принимается по количеству жителей и этажности застройки;

$n_{\text{вн}}$ – количество струй на внутренние пожаротушение принимается 2;

$q_{\text{вн}}$ – расход на внутренние пожаротушение л/с, принимается 2,5 л/с;

$$W_{\text{пож(РЧВ)}} = [(3082 + 2782 + 2173) - 3 \cdot 0] + (2 \cdot 15 \cdot 3,6 + 2 \cdot 2,5 \cdot 3,6) \cdot 3 = 8037 + 378 = 8415 \text{ м}^3;$$

$W_{\text{с.н.(РЧВ)}}$ – объем воды на нужды водоочистной станции, м^3 ,

$$W_{\text{с.н.(РЧВ)}} = 0,01 \cdot Q_{\text{сут.макс.}}, \quad (40)$$

$$W_{\text{с.н.(РЧВ)}} = 0,01 \cdot 35838 = 358 \text{ м}^3.$$

Полный объем РЧВ:

$$W_{\text{полн(РЧВ)}} = 9154,6 + 358 + 8415 = 17928 \text{ м}^3.$$

Таблица 19 – Определение регулирующего объема РЧВ

Часы сут.	Подача НС-II,%	Подача НС-I,%	Поступл ен. в бак,%	Расход из бака,%	Остаток в баке,%	Фактич. остаток, %
1	2	3	4	5	6	7
1	0,78	4,16	3,38	–	0	10,81
2	0,77	4,16	3,39	–	3,38	14,18
3	1,11	4,16	3,05	–	6,76	17,57
4	1,55	4,16	2,61	–	9,81	20,62
5	2,82	4,17	1,35	–	12,42	23,22
6	3,20	4,17	0,97	–	13,76	24,57
7	4,69	4,17		0,52	14,74	25,54
8	8,60	4,17		4,43	14,21	25,02
9	7,76	4,17		3,59	9,78	20,59
10	6,06	4,17		1,89	6,19	17,00
11	4,30	4,17		0,13	4,30	15,10
12	4,71	4,17		0,54	4,17	14,97
13	5,03	4,17		0,86	3,62	14,43
14	5,02	4,17		0,85	2,76	13,57
15	5,05	4,17		0,88	1,90	12,71
16	5,51	4,17		1,34	1,03	11,83
17	8,00	4,17		3,83	-0,31	10,49
18	8,09	4,17		3,92	-4,14	6,67
19	6,92	4,17		2,75	-8,06	2,75
20	3,11	4,17	1,06	–	-10,81	0
21	2,89	4,16	1,27	–	-9,74	1,06
22	1,91	4,16	2,25	–	-8,48	2,33
23	1,24	4,16	2,92	–	-6,23	4,58
24	0,85	4,16	3,31	–	-3,31	7,50

Учитывая общую производительность станций обезжелезивания и количество площадок 2-го подъема, проектом предусматривается три площадки РЧВ, на каждой площадке -- по четыре РЧВ. Объем одного РЧВ в этом случае составит:

$$W_{\text{РЧВ}} = \frac{W_{\text{полн(РЧВ)}}}{3 \cdot 4}, \text{ м}^3.$$

$$W_{\text{РЧВ}} = \frac{17927,6}{3 \cdot 4} = 1494 \text{ м}^3.$$

Площадь основания РЧВ:

$$S_{\text{РЧВ}} = \frac{W_{\text{РЧВ}}}{H_{\text{РЧВ}}}, \text{ м}^2, \quad (41)$$

где $H_{\text{РЧВ}}$ – высота слоя воды в РЧВ, принимается до 4,5 м;

$$S_{\text{РЧВ}} = \frac{1494}{4,5} = 332 \text{ м}^2.$$

Диаметр РЧВ:

$$D_{\text{РЧВ}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{\text{РЧВ}}}{\pi}}, \text{ м}, \quad (42)$$
$$D_{\text{РЧВ}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 332}{\pi}} = 20,56 \text{ м}.$$

Принимаем РЧВ диаметром 21 м. Тогда площадь одного РЧВ составит 452,16 м², высота рабочего слоя воды в РЧВ:

$$H_{\text{РЧВ}} = \frac{W_{\text{РЧВ}}}{S_{\text{РЧВ}}} = \frac{17927,6}{452,16 \cdot 12} = 3,3 \text{ м}.$$

Высота противопожарного объема:

$$h_{\text{пп}} = \frac{W_{\text{пож(РЧВ)}}}{S_{\text{РЧВ}}}, \text{ м}, \quad (43)$$
$$h_{\text{пп}} = \frac{8415}{452,16 \cdot 12} = 1,55 \text{ м}.$$

Отметка противопожарной призмы РЧВ:

$$Z_{\text{пп}} = Z_3 + 0,5 - H_{\text{РЧВ}} + h_{\text{пп}}, \text{ м}, \quad (44)$$

где Z_3 – отметка площадки земли, где расположен РЧВ, м,

$$Z_{\text{пп}} = 250,5 + 0,5 - 3,3 + 1,55 = 249,25 \text{ м}.$$

Отметка дна РЧВ:

$$Z_{\text{дн}} = 250,5 + 0,5 - 3,3 = 247,7 \text{ м}.$$

1.5 Реконструкция сооружений водоподготовки природных вод. Проектирование и расчёт станции обезжелезивания

Качество воды, подаваемой на питьевые нужды, должно соответствовать требованиям [4].

При подготовке, транспортировании и хранении воды, используемой на хозяйственно-питьевые нужды, согласно санитарным нормам и правилам Республики Беларусь [5], следует применять методы, материалы, реагенты, внутренние антикоррозионные покрытия, а также фильтрующие загрузки из числа разрешенных Министерством здравоохранения Республики Беларусь. При производительности станций водоподготовки более 5000 м³/сут необходимо предусматривать повторное использование промывных вод фильтров.

Согласно заданию на проектирование в курсовой работе следует предусмотреть сооружения водоподготовки при повышенном содержании в подземном источнике водоснабжения соединений железа.

Подготовку подземных вод, содержащих железо и марганец преимущественно в двухвалентной форме, необходимо осуществлять фильтрованием в безнапорном или напорном варианте, осуществляемым после предварительной аэрации воды. Для ориентировочного выбора метода обезжелезивания и обезмарганцевания подземных вод в зависимости от содержания удаляемых компонентов и производительности станции следует руководствоваться данными таблицы 20.

Таблица 20 – Выбор метода обезжелезивания и обезмарганцевания подземных вод

Основные сооружения	Условия применения		Производительность станции, м ³ /сут
	Железо, мг/л	Марганец, мг/л	
1 Скорые фильтры (одноступенчатое фильтрование): напорные открытые	До 10 " 10	До 1 " 1	До 30 000 Любая
2 Сухие фильтры (при одновременном наличии аммонийных соединений)	До 6	До 1	До 5000
3 Скорые фильтры (двухступенчатое фильтрование):			
напорные	" 20	" 2	" 30 000
открытые	" 20	" 2	Любая
напорные (первая ступень), открытые (вторая ступень)	" 20	" 2	До 30 000
сухие фильтры — открытые фильтры	Более 6	" 2	" 5000
<i>Примечания</i>			
1. Способ аэрации и устройства для ее осуществления принимается в зависимости от общего химического состава воды.			
2. При обосновании производительность может быть более или менее указанной.			

Технологические схемы установок обезжелезивания и обезмарганцевания воды и параметры их работы должны приниматься на основании результатов полупроизводственных исследований непосредственно у источника водоснабжения, в соответствии с рекомендациями, полученными на основании результатов технологических исследований, и с учетом требований санитарных норм и правил Республики Беларусь [6].

1.5.1 Расчет фильтров обезжелезивания

Обработка воды предусматривается на проектируемой станции обезжелезивания.

Расчетная площадь фильтрации фильтров обезжелезивания, м², определяется по формуле:

$$A_{\phi} = \frac{Q}{T_{\text{ст}} \cdot v_{\text{н}} - n_{\text{пр}} \cdot v_{\text{пр}} \cdot t_1 - n_{\text{пр}} \cdot v_{\text{н}} \cdot t_{\text{пр}}}, \text{ м}^2, \quad (45)$$

где Q – полная производительность станции, м³/сут;

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

$v_{\text{н}}$ – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м/ч, принимаемая по таблице приложения 5;

$n_{пр}$ – число промывок одного фильтра в сутки при нормальном режиме эксплуатации;

$V_{пр}$ – скорость промывки, м/ч, принимаемая по таблице приложения 5;

t_1 – продолжительность промывки, ч, принимаемая по таблице приложения 5 (6 минут);

$t_{пр}$ – время простоя фильтра в связи с промывкой, ч, принимаемое:

0,33 – для фильтров, промываемых водой;

0,5 – для фильтров, промываемых водой и воздухом.

$$A_{\phi} = \frac{35838}{24 \cdot 5 - 0,5 \cdot 45 \cdot 0,1 - 0,5 \cdot 5 \cdot 0,33} = \frac{35838}{116,925} = 306,5 \text{ м}^2.$$

Количество фильтров N_{ϕ} на станциях производительностью более 1600 м³/сут должно быть не менее четырех. При производительности станции более 8000 – 10 000 м³/сут количество фильтров ориентировочно допускается определять с округлением до ближайших целых чисел (четных или нечетных, в зависимости от компоновки фильтров), по формуле

$$N_{\phi} = \frac{\sqrt{A_{\phi}}}{2} = \frac{\sqrt{306,5}}{2} = 8,75 \approx 9 \text{ шт.} \quad (46)$$

При использовании новых конструкций фильтров, а также фильтров из типовых или повторно применяемых проектов их количество определяется делением общей площади фильтрования A_{ϕ} на рабочую площадь фильтрования принятого фильтра.

$$A_{\phi 1} = \frac{A_{\phi}}{N_{\phi}} = \frac{306,5}{9} = 34 \text{ м}^2. \quad (47)$$

Площадь одного фильтра следует принимать не более 60 м² (для открытых скорых фильтров) и не более 20 м² (для напорных фильтров, при диаметре фильтра – до 3,4 м). Число фильтров на станции должно быть не менее четырех, при обосновании – не менее двух; для станций производительностью менее 100 м³/ч с напорными фильтрами допускается применение одного фильтра.

Принимаем 9 фильтров рабочих и 1 резервный размерами в плане 8 м × 4,5 м ($F_{\phi} = 36 \text{ м}^2$). Если количество рабочих фильтров больше 10, то принимается 2 резервных фильтра.

Скорость фильтрования при форсированном режиме v_{ϕ} , м/ч, определяется по формуле

$$v_{\phi} = \frac{v_H \cdot N_{\phi}}{N_{\phi} - N_1}, \text{ м / ч,} \quad (48)$$

$$v_{\phi} = \frac{5 \cdot 9}{9 - 1} = 5,6 \text{ м / ч.}$$

где N_1 – количество фильтров, находящихся в ремонте (1 фильтр).

В качестве фильтрующей загрузки использован кварцевый песок фракции 0,9÷1,1 мм.

Продолжительность фильтроцикла – 48÷50 суток (уточняется при наладочных работах).

Для регенерации фильтрующей загрузки предусмотрена обратная промывка.

Промывка осуществляется фильтрованной водой насосами «снизу-вверх».

После промывки производится сброс 1-го фильтрата, после чего фильтр ставится в режим «фильтрация».

Необходимая скорость промывки – 45÷50 м/ч.

Продолжительность промывки – 6 минут (0,1 ч).

Объем отводимой после промывки фильтра воды в отстойник:

$$W_{\text{пр}} = F_{\text{ф}} \cdot v_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} = 36 \cdot 45 \cdot 0,1 = 162 \text{ м}^3. \quad (49)$$

1.5.2 Обеззараживание воды

В качестве метода обеззараживания очищенной воды выбран метод обеззараживания на ультрафиолетовых установках УДВ-100/14-А1 (условная производительность установки 100 м³/ч).

Пройдя фильтры обезжелезивания, вода поступает в промежуточный РЧВ объемом 50 м³, откуда уже сетевыми насосными Д800-28 (3 шт. мощностью 30кВт, Q = 680 м³/ч, Н_{макс} = 28 м) подается через установки ультрафиолетового обеззараживания в 12 РЧВ.

Ультрафиолетовые установки УДВ-100/14-А1 – 4 шт. с пультами управления располагаются в производственном корпусе (зал фильтров).

1.5.3 Отстойники промывной воды

Каждый из отстойников рассчитывается на прием воды от промывки одного фильтра. При скорости промывки 45 м/ч, площади фильтрования 30 м² и продолжительности промывки 0,1 ч, объем отводимой после промывки фильтра воды в отстойник составляет:

$$W_{\text{пр}} = F_{\text{ф}} \cdot v_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}} = 36 \cdot 45 \cdot 0,1 = 162 \text{ м}^3, \text{ с учетом 20\%-ного запаса – } 180 \text{ м}^3.$$

Объем зоны осветления, м³, должен быть не менее объема воды, необходимого для промывки одного фильтра. При глубине зоны осветления, равной 2 м, требуемая площадь отстойника составит 180/2=90 м².

Принимаются типовые четырехсекционные отстойники с размерами в плане каждой секции 4,5×6 м и общим размером 9×12 м (108 м²). Глубина зоны осветления при этом составит 180/108=1,7 м. Между зонами осветления и уплотнения осадка предусматривается также защитная зона высотой 0,8 м.

Необходимое количество отстойников

$$N_{\text{отс}} = \frac{T_{\text{отс}} \cdot N_{\text{ф}} \cdot n_{\text{пр}}}{T_{\text{ст}}}, \quad (50)$$

где $T_{\text{отс}}$ – расчетное время цикла работы отстойника, ч; принято 16 ч;

$N_{\text{ф}}$ – количество фильтров на станции;

$n_{\text{пр}}$ – число промывок каждого фильтра в сутки;

$T_{\text{ст}}$ – продолжительность работы станции в течение суток, ч, (при круглосуточной работе – 24 ч).

$$N_{\text{отс}} = \frac{16 \cdot 9 \cdot 0,5}{24} = 3.$$

Количество отстойников принимаем равным 3.

Расход перекачиваемой осветленной воды должен составлять не более 5% от расхода исходной воды, поступающей от насосов 1-го подъема.

Исходя из этого, определяют продолжительность перекачки осветленной воды из отстойника t_n , ч и производят подбор насосов перекачки:

$$t_n = \frac{W_{\text{пр}} \cdot 100}{5 \cdot q_{\text{ч}}},$$

где $W_{\text{пр}}$ – объем воды от промывки одного фильтра, м^3 ;

$q_{\text{ч}}$ – расчетная производительность станции, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$t_n = \frac{162 \cdot 100}{5 \cdot 35838 / 24} = 2,2 \text{ ч.}$$

Производительность насосов перекачки осветленной воды из отстойника на фильтры:

$$q_{\text{ч}} = \frac{W_{\text{пр}}}{t_n} = \frac{162}{2,2} = 75 \text{ м}^3 / \text{ч} \text{ или } 20,7 \text{ л/с,}$$

что составляет $\frac{75}{1493,25} \cdot 100 \approx 5\%$ от $q_{\text{ч}}$.

Зона уплотнения рассчитывается на прием осадка в течение 14 суток.

Количество железа в условном сухом веществе в расчете на $\text{Fe}(\text{OH})_3$, выпадающего в осадок за сутки, кг/сут , равно

$$q_{\text{Fe}} = \frac{107 \cdot Q \cdot \text{Fe}}{56 \cdot 1000}, \quad (51)$$

где Q – полная производительность станции, $\text{м}^3/\text{сут}$; Fe – концентрация железа в воде, мг/л (по исходным данным – 2,28 мг/л); 56 – атомная масса железа; 107 – молекулярная масса гидроокиси.

$$q_{\text{Fe}} = \frac{107 \cdot 35838 \cdot 2,28}{56 \cdot 1000} = 156 \text{ кг / сут.}$$

Объем влажного осадка, выпадающего за сутки:

$$W_{\text{ос.сут}} = \frac{100 \cdot q}{1000 \cdot (100 - p)}, \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (52)$$

где p – влажность осадка, %, принимаемая равной для безреагентного обезжелезивания 96,5 %.

$$W_{\text{ос.сут}} = \frac{100 \cdot 156}{1000 \cdot (100 - 96,5)} = 4,45 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Продолжительность нахождения осадка $T_{\text{ос}}$, сут, в зоне уплотнения отстойника составляет

$$T_{\text{ос}} = \frac{W_{\text{ос}}}{W_{\text{ос.сут}}}, \text{ сут}$$

При $T_{\text{ос}} = 14$ сут объем зоны накопления осадка составит $W_{\text{ос}} = T_{\text{ос}} \cdot W_{\text{ос.сут}} = 14 \cdot 4,45 = 62,3 \text{ м}^3$.

Из объема усеченной пирамиды $W_{oc} = \frac{1}{3} \cdot h_n \cdot (F_1 + f_n + \sqrt{F_1 \cdot f_n})$, для четырехсекционного отстойника высота слоя осадка осадочной пирамиды одной секции отстойника составит:

$$h_n = \frac{3 \cdot W_{oc}}{4 \cdot (F_1 + f_n + \sqrt{F_1 \cdot f_n})}, \text{ м}, \quad (53)$$

где F_1 – площадь прямоугольной части секции отстойника, м^2 ;

f_n – площадь нижней части осадочной пирамиды, м^2 , рассчитывается исходя из ширины нижней части, принимаемой 0,2 м.

$$h_n = \frac{3 \cdot 62,3}{4 \cdot (27 + 0,04 + \sqrt{27 \cdot 0,04})} = 1,7 \text{ м}.$$

Производительность насосов перекачки осадка из зоны уплотнения отстойника определяется, исходя из рекомендуемого времени перекачки осадка 30-40 минут (принимаем 0,5 ч):

$$q_n = \frac{W_{oc}}{t_n} = \frac{62,3}{0,5} = 125 \text{ м}^3 / \text{ч} \text{ или } 35 \text{ л/с}.$$

После отстаивания осветленная вода насосами подается на станцию обезжелезивания перед фильтрами. К установке приняты самовсасывающие насосы для отвода загрязненной воды марки Wilo-Drain LPC80/29 $Q=60 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H=16 \text{ м}$ (2 рабочих, 1 резервный).

Ил со дна отстойников перекачивается на шламовые площадки насосами для перекачки сред, загрязненных грубыми частицами, марки Wilo-Drain TP 50/TP 65 $Q=40 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H=10 \text{ м}$ (3 рабочих, 1 резервный).

1.5.4 Шламовые площадки

Ил со дна отстойников перекачивается на площадки, а затем, по мере накопления, вывозятся в места, согласованные с городскими и районными центрами гигиены и эпидемиологии.

Количество железа, выпавшего в осадок за сутки (п.1.5.3):

$$q = \frac{107 \cdot Q \cdot Fe}{56 \cdot 1000} = \frac{107 \cdot 35838 \cdot 2,28}{56 \cdot 1000} = 156 \text{ кг / сут}.$$

Объем осадка 96,5% в пересчете на $\text{Fe}(\text{OH})_3$:

$$W_{oc,сут} = \frac{100 \cdot 156}{1000 \cdot (100 - 96,5)} = 4,45 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

Объем осадка после уплотнения за 14 суток составит:

$$4,45 \cdot 14 = 62,3 \text{ м}^3.$$

Общая полезная площадь площадок намораживания:

$$F = F_v + F_{ол} + F_3, \text{ м}^2, \quad (54)$$

где $F_v + F_{ол} + F_3$ – площадь площадок (м^2), определяемая по зеркалу осадка при заполнении площадок на половину глубины, соответственно для весеннего, летне-осеннего и зимнего напуска.

Глубина промерзания:

$$H_{\text{пр}} = 0,017 \cdot \sqrt{\sum t}, \text{ м},$$

где $\sum t$ – сумма абсолютных значений отрицательных температур за период устойчивого мороза;

$$\sum t = (5,1 \cdot 31) + (4,6 \cdot 28) + (0,6 \cdot 30) + (2,8 \cdot 31) = 158,1 + 128,8 + 18 + 86,8 = 391,7,$$

$$H_{\text{пр}} = 0,017 \cdot \sqrt{391,7} = 0,33 \text{ м}.$$

Объем уплотненного осадка на площадках весеннего и летне-осеннего напусков:

$$W = \frac{W_{\text{ос.сут}} \cdot C \cdot T \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot (100 - P) \cdot \rho}, \text{ м}^3, \quad (55)$$

где $W_{\text{ос.сут}} = 4,45 \text{ м}^3/\text{сут}$;

$T = 30 + 31 = 61$ день – продолжительность расчетного весеннего периода;

$T = 31 + 28 + 30 + 31 = 120$ дней – период устойчивых отрицательных температур;

$T = 365 - 61 - 120 = 184$ дня или 6,1 месяца – продолжительность расчетного летне-осеннего периода;

P – влажность в % осадка весеннего или летнего, для весеннего напуска – 2,0 месяца – 91%, для летне-осеннего напуска – 5,5 месяца – 84,5%,

ρ – плотность осадка – 1,12 при влажности $P = 84,5\%$ и 1,075 при влажности $P = 91\%$;

C – средняя за расчетный период концентрация взвешенных веществ в воде, $\text{г}/\text{м}^3$, зависящая от влажности осадка:

$$\text{Свес} = (100 - 91) \times 104 = 90000 \text{ г}/\text{м}^3,$$

$$\text{Сл.о.} = (100 - 85) \times 104 = 150000 \text{ г}/\text{м}^3.$$

$$W_{\text{вес}} = \frac{4,45 \cdot 90000 \cdot 61 \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot (100 - 91) \cdot 1,075} = 252,5 \text{ м}^3;$$

$$W_{\text{л-о}} = \frac{4,45 \cdot 150000 \cdot 184 \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot (100 - 84,5) \cdot 1,12} = 707,5 \text{ м}^3;$$

$$W = W_{\text{вес}} + W_{\text{л-о}} = 252,5 + 707,5 = 960 \text{ м}^3.$$

Площадь площадок для весенне-летне-осеннего напусков составит:

$$F_{\text{вес-л-о}} = \frac{W}{H_{\text{пр}}} = \frac{960}{0,33} = 2857 \text{ м}^2.$$

Полезная площадь площадок для зимнего напуска определяется из условия размещения объема осадка, поступившего в период устойчивого мороза без учета уплотнения осадка на площадке:

$$W_3 = W_{\text{ос.сут}} \cdot T_3 = 4,45 \cdot 120 = 534 \text{ м}^3.$$

Слой осадка при одном напуске принимается равным 0,08 м.

Слой осадка на площадке зимнего намораживания H_3 определяется как сумма последовательно намороженных слоев осадка за период устойчивого мороза.

$$H_3 = h \cdot n, \text{ м},$$

где n – число напусков осадка за период устойчивого мороза, определяемого по формуле:

$$n = K \cdot \frac{S}{\tau}, \quad (56)$$

где K – коэффициент, учитывающий неполное использование периода устойчивого мороза, принимаемый – 0,8;

S – количество суток в период устойчивого мороза;

τ – продолжительность промораживания слоя осадка в сутках:

$t=5,1 \quad \tau=3,26 - 31$ день,

$t=4,5 \quad \tau=3,76 - 28$ дней,

$t=0,6 \quad \tau=0 - 30$ дней,

$t=2,8 \quad \tau=4,75 - 31$ день;

$$n = 0,8 \cdot \left(\frac{31}{3,26} + \frac{28}{3,76} + \frac{30}{0} + \frac{31}{4,75} \right) = 19 \text{ напусков.}$$

$$H_3 = 0,08 \cdot 19 = 1,52 \text{ м.}$$

Полезная площадь площадки для зимнего намораживания:

$$F_3 = \frac{534}{1,52} = 351 \text{ м}^2.$$

Полезная площадь площадки составит:

$$F_{\text{вс-л-о}} + F_3 = 2857 + 351 = 3208 \text{ м}^2.$$

Принимаем 8 площадок площадью:

$$F_{\text{пл}} = 3208/8 = 401 \text{ м}^2.$$

При этом слой осадка на площадке зимнего намораживания будет:

$$h_3 = \frac{W_3}{F_{\text{пл}}} = \frac{534}{401} = 1,33 \text{ м.}$$

Строительную высоту оградительных валиков определяют по формуле:

$$H_{\text{стр}} = \frac{N \cdot W_{\Gamma}}{F} + h_{\Gamma} + 0,2 \text{ м,} \quad (57)$$

где W_{Γ} – годовогой объем уплотненного осадка влажностью 70%,

$$W_{\Gamma} = \frac{107 \cdot 156 \cdot 100 \cdot 365}{56 \cdot (100 - 70) \cdot 1000} = 363 \text{ м}^3;$$

N – число лет накопления – 3 года;

h_{Γ} – слой неуплотненного осадка за последний год перед вывозом осадка влажностью 96,5%;

$$W_{\Gamma(\text{неупл.})} = 4,45 \cdot 365 = 1624,25 \text{ м}^3;$$

$$h_{\Gamma} = \frac{1624,25}{3208} = 0,50 \text{ м.}$$

Вывозится осадок 70%-й влажности:

$$4,45 \cdot 0,3 = 1,335 \text{ м}^3/\text{сут} - \text{объем осадка 70%-й влажности.}$$

$$H_{\text{стр}} = \frac{3 \cdot 363}{3208} + 0,5 + 0,2 = 1 \text{ м.}$$

Принимается высота валиков 2 м.

К строительству принимаются 8 площадок размером 20×20 м по низу с высотой оградительных валиков – 2 м.

1.6 Реконструкция насосных станций систем водоснабжения

В соответствии со строительными нормами Республики Беларусь [1], в зависимости от функционального назначения в общей системе водоснабжения насосные станции подразделяются на категории по степени обеспеченности подачи воды:

I – насосные станции, подающие воду непосредственно в сети;

II – насосные станции, подающие воду из водотоков или пожарных резервуаров и водоемов;

III – насосные станции, подающие воду по одному трубопроводу, а также на поливку или орошение.

Выбор типа насосов и определение их количества следует производить на основании расчетов совместной работы насосов, водоводов, сетей, регулирующих емкостей, суточного и часового графиков водопотребления, условий тушения пожаров, очередности ввода в действие объекта.

При выборе типа насосов следует обеспечивать минимальную величину избыточных давлений, развиваемых насосами при всех режимах работы, за счет использования регулирующих емкостей, регулирования числа оборотов, изменения числа и типов насосов, обточки или замены рабочих колес в соответствии с изменением условий их работы в течение расчетного срока.

В насосных станциях для группы насосов одного назначения, подающих воду в одну и ту же сеть или водоводы, количество резервных насосов следует принимать согласно таблице 21.

Таблица 21 – Количество резервных насосов в насосных станциях категорий

Количество рабочих насосов одной группы, шт.	Количество резервных насосов, шт., в насосных станциях категорий		
	I	II	III
До 6 включ.	2	1	1
Св. 6 до 9 включ.	2	1	–
Св. 9	2	2	–

Примечания

1. В количество рабочих насосов включаются пожарные насосы.
2. Рабочих насосов одной группы, кроме пожарных, должно быть не менее двух. В насосных станциях II и III категории при обосновании допускается установка одного рабочего насоса.
3. При установке в одной группе насосов с разными характеристиками, количество резервных насосов следует принимать для насосов большей производительности, а резервный насос меньшей производительности хранить на складе.
4. Если количество однотипных рабочих насосов основного назначения в водопроводе низкого давления обеспечивают подачу максимального расхода воды на хозяйственные, питьевые и производственные нужды населенного пункта и расчетного расхода воды на тушение пожаров, то количество резервных пожарных насосов дополнительно к резерву насосов основного назначения не принимается.
5. Если требуется сверх количества однотипных рабочих насосов включить еще один или два насоса такого же типа для обеспечения подачи общего расхода при тушении пожаров в населенном пункте, то количество резервных насосов следует увеличить на один для насосных станций I категории по обеспеченности подачи воды.

1.6.1 Определение давления насосов первого подъёма (до реконструкции)

Давление насосов 1-го подъёма для существующего положения, когда подземная вода, забираемая скваженными насосами, подается без водоподготовки в разводящую кольцевую сеть, можно определить по формуле:

$$P = (z_1 - z_{\text{дин}}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} + \Delta p, \text{ МПа} \quad (58)$$

где z_1 – пьезометрическая отметка в месте подключения напорных водоводов к городской кольцевой сети, м,

$z_{\text{дин}}$ – отметка динамического уровня воды в скважине, м,

ρ – плотность перекачиваемой жидкости (воды), кг/м³,

Δp – суммарные потери давления, МПа.

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_5, \text{ МПа}, \quad (59)$$

где Δp_1 – потери давления в сборных водоводах, МПа.

$$\Delta p_1 = \sum h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}, \quad (60)$$

где $\sum h$ – потери в сборных водоводах 1-го подъема, м;

$\Delta p_1 = 0,093$ МПа (таблица 3);

Δp_2 – потери давления в подземных трубопроводах, 0,03 МПа;

Δp_3 – потери давления в фильтрах насосов, 0,01 МПа;

Δp_4 – потери давления на излив, 0,01 МПа;

Δp_5 – потери в насосах и коммуникациях насосной станции первого подъёма, 0,015 МПа.

$$\Delta p = 0,093 + 0,03 + 0,01 + 0,01 + 0,015 = 0,158 \text{ МПа}.$$

На случай максимального водопотребления давление насосов составит:

$$P = (215,72 - 159,2) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} + 0,158 = 0,72 \text{ МПа}.$$

При требуемой подаче насоса

$$q_{\text{факт.}}^{\text{час.}} = \frac{2164}{24} = 90,16 \text{ м}^3 / \text{ч} (25 \text{ л} / \text{с})$$

и при требуемом давлении 0,72 МПа или 72 м подбирается насосное оборудование.

Пример оформления разреза скважины с расчетными отметками представлен на рисунке 4.

*Разрез напорной скважины № 1
(площадка н.с.№1) до реконструкции*

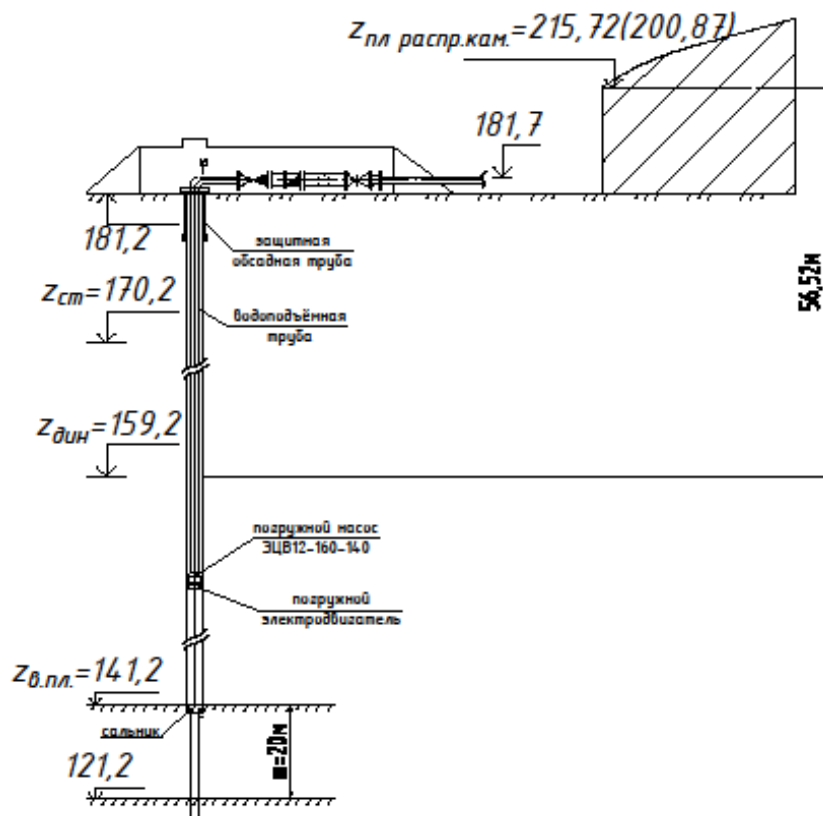


Рисунок 4 – Схема напорной скважины с расчетными отметками до реконструкции

1.6.2 Определение давления насосов первого подъёма (после реконструкции)

Давление насосов 1-го подъёма для случая расширения жилой застройки, когда подземная вода, забираемая скваженными насосами, подается на станцию обезжелезивания, можно определить по формуле (58):

$$P = (z_1 - z_{дин}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} + \Delta p, \text{ МПа},$$

где z_1 – отметка воды в распределительной чаше фильтров обезжелезивания, м, рассчитывается в зависимости от типа фильтров: $z_1 = z_{земли} + 4,5 = 181 + 4,5 = 185,5$ м – для случая устройства открытых безнапорных фильтров, $z_1 = z_{земли} + 15 = 181 + 15 = 196$ м – для случая устройства напорных фильтров, где 15 м – давление на входе фильтров;

$z_{земли}$ – отметка земли площадки станции обезжелезивания, м;

$z_{дин}$ – отметка динамического уровня воды в скважине, м;

$\Delta p_1 = 0,031$ МПа (таблица 4);

Δp_2 – потери давления в подземных трубопроводах, 0,03 МПа;

Δp_3 – потери давления в фильтрах насосов, 0,01 МПа;

Δp_4 – потери давления на излив, 0,01 МПа;

Δp_5 – потери в насосах и коммуникациях насосной станции первого подъёма, 0,015 МПа.

$$\Delta p = 0,031 + 0,03 + 0,01 + 0,01 + 0,015 = 0,096 \text{ МПа.}$$

Тогда давление насосов в час максимального водопотребления составит:

$$P = (185,5 - 160,2) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} + 0,096 = 0,35 \text{ МПа.}$$

При требуемой подаче насоса

$$q_{\text{нас.}} = q_{\text{факт.}}^{\text{час.}} = 87,8 \text{ м}^3 / \text{час}$$

и при требуемом давлении 0,35 МПа или 35 м подбирается насосное оборудование. Пример оформления разреза скважины с расчетными отметками представлен на рисунке 5.

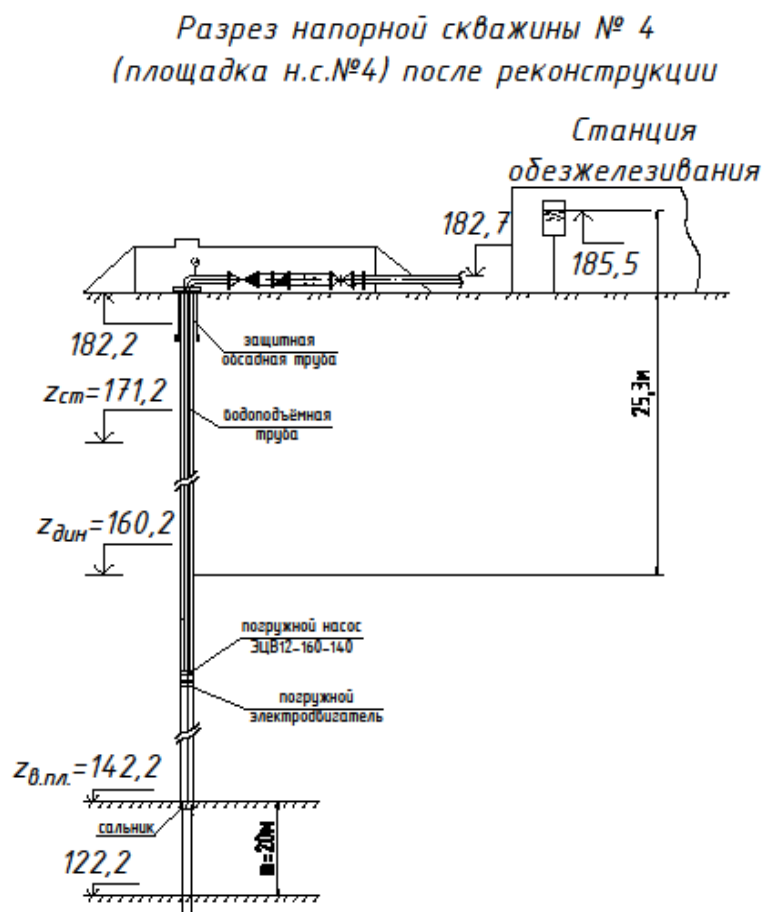


Рисунок 5 – Схема напорной скважины с расчетными отметками при строительстве станции обезжелезивания (после реконструкции)

1.6.3 Определение давления насосов второго подъёма (случай строительства станции обезжелезивания при реконструкции сети)

Давление насосов 2-го подъёма:

$$P = (z_1 - z_2) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} + \Delta p, \text{ МПа} \quad (61)$$

где z_1 – пьезометрическая отметка в месте подключения напорных водоводов к городской кольцевой сети, м;

z_2 – отметка противопожарного уровня воды в РЧВ (или отметка дна РЧВ на случай пожаротушения), м;

ρ – плотность перекачиваемой жидкости (воды), кг/м^3 ;

Δp – суммарные потери давления, МПа:

$$\Delta p = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа} , \quad (62)$$

где h_1 – потери в коммуникациях, 2 м;

h_2 – потери в водомере, 1,5 м;

h_3 – потери в водоводах от НС II до камеры подключения к кольцевой сети, м;

h_4 – потери во всасывающих водоводах (насосах), 1,5 м;

$$\Delta p = (2 + 1,5 + 11,12 + 1,5) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,16 \text{ МПа} ;$$

то же с учетом пожара

$$\Delta p = (2 + 1,5 + 11,82 + 1,5) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,17 \text{ МПа} .$$

Давление насосов составит:

для часа максимального водопотребления

$$P = (281,35 - 249,25) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} + 0,16 = 0,48 \text{ МПа} ,$$

то же с учетом пожара

$$P = (275,31 - 247,7) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} + 0,17 = 0,45 \text{ МПа} .$$

Подбираются насосы погружные, которые устанавливаются в РЧВ с необходимым давлением $0,45 \div 0,48$ МПа и подачей $(856 \div 886) / 24 = 35,7 \div 37$ л/с в час максимального водопотребления и с учетом пожаротушения (принято к проектированию три площадки по 4 РЧВ на каждой, в каждом РЧВ устанавливаем по 2 рабочих и 1 резервному насосу).

2 Реконструкция системы водоотведения

При проектировании канализационных сетей и сооружений на них следует соблюдать требования строительных норм Республики Беларусь [14], других нормативных правовых и технических нормативных правовых актов, в том числе по охране вод, атмосферного воздуха и почвы, утвержденных в установленном порядке.

Согласно заданию курсовая работа предусматривает: 1) трассировку хозяйственно-бытовой канализационной сети для существующего положения, гидравлический расчет главного коллектора и одного бокового притока с учетом перспективы развития населенного пункта; 2) трассировку хозяйственно-бытовой канализационной сети с учетом расширения жилой застройки, гидравлический расчет коллектора для нового жилого микрорайона с построением продольного профиля до колодца подключения к существующей сети; 3) проверочный расчет пропускной способности приемной камеры, сооружений механической или биологической очистки сточных вод с учетом расширения очистных сооружений для уточнения количества этих сооружений и/или для реконструкции существующих сооружений путем ввода новых конструктивных элементов.

2.1 Трассировка существующих и проектируемых объектов водоотведения населенного пункта

Трассировку канализационных сетей и прокладку трубопроводов, а также устройство сооружений на канализационной сети следует выполнять в соответствии с требованиями строительных норм Республики Беларусь [14].

В курсовой работе используется трассировка сети водоотведения по объемлющей схеме. При больших заглублениях коллекторов возникает необходимость в устройстве насосных станций перекачек. Устройство насосных станций перекачек необходимо и в том случае, если часть микрорайонов расположена на обратных скатах.

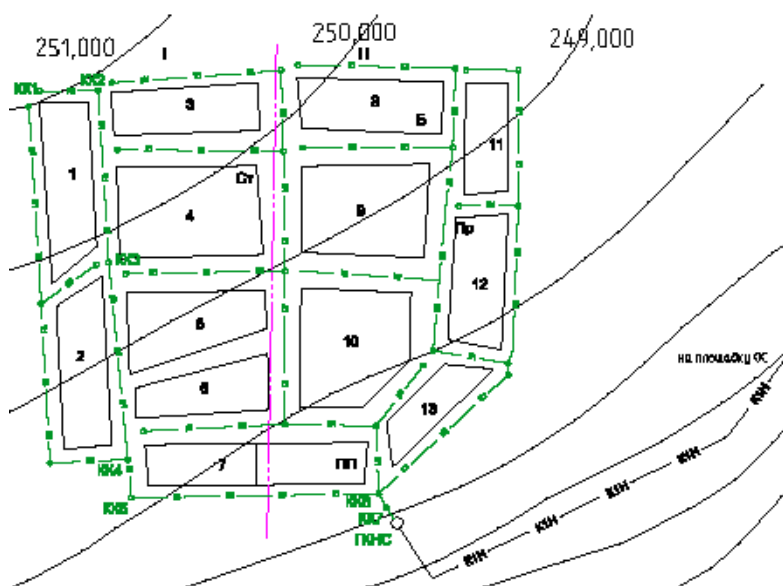


Рисунок 6 – Трассировка сетей K1 для существующего положения

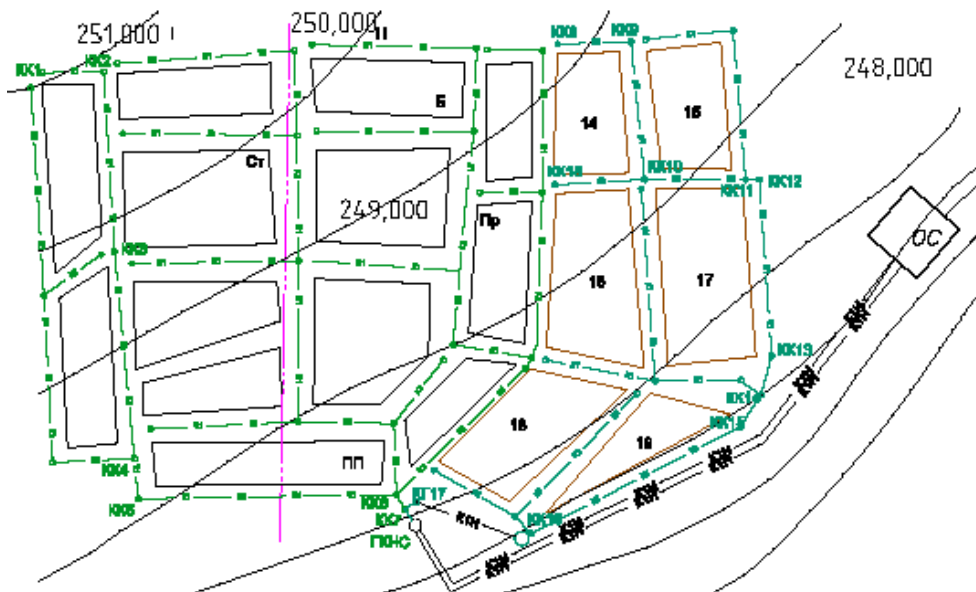


Рисунок 7 – Трассировка сетей К1 в условиях расширения застройки

2.2 Определение расчетных расходов по участкам сети

После трассировки сети определяют расходы сточных вод на расчетных участках канализационной сети. Расчетным участком сети называют канализационную линию между двумя точками, в которой расчетный расход может быть условно принят постоянным.

Общий средний расход сточных вод, л/с, для каждого расчетного участка определяется как сумма трёх расходов: путевого (попутного) – поступающего в расчетный участок от жилой застройки, примыкающей непосредственно к данному участку сети; бокового – поступающего от присоединяемых боковых линий сети, подключенных к начальной точке участка сети, и транзитного – поступающего от вышерасположенных участков, по величине равного общему среднему расходу предыдущего участка.

При умножении общего среднего расхода на коэффициент неравномерности получается расчетный расход от жилой застройки. После прибавления к нему расчетных сосредоточенных расходов получают общий расчетный расход по участку.

Попутные (путевые) расходы сточных вод допускается определять одним из следующих методов:

- методом площадей стока;
- методом длин линий.

При расчете расходов сточных вод по методу длин линий удельный расход сточных вод, л/с·м, следует вычислять по формуле

$$q_0^l = \frac{q_n \cdot N}{86400 \cdot \sum L}, \quad (63)$$

где q_n – норма водоотведения, л/чел·сут;

N – численность населения рассматриваемого района жилой застройки, чел; для новых кварталов жилой застройки численность населения определяется с учетом процента увеличения расчетного расхода;

$\sum L$ – сумма длин всех участков сети района жилой застройки, м.

Средний секундный расход сточных вод, л/с, следует вычислять по формуле:

$$q_w = q_0^L \cdot L, \quad (64)$$

где q_0^L – удельный расход сточных вод на единицу длины сети, л/с·м;

L – длина участка сети, м.

Максимальный секундный (расчетный) расход сточных вод, л/с, следует вычислять по формуле:

$$q_{\max}^w = K_{\text{gen.max}} \cdot q_w, \quad (65)$$

где $K_{\text{gen.max}}$ – максимальный коэффициент общей неравномерности притока сточных вод, принимается по таблице 22.

Таблица 22 – Общие коэффициенты неравномерности притока сточных вод

Средний расход сточных вод, л/с	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 и более
Коэффициент $K_{\text{gen.max}}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Коэффициент $K_{\text{gen.min}}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71
Примечания									
1. Коэффициенты неравномерности притока сточных вод, приведенные в таблице, следует принимать при расходе производственных сточных вод, не превышающем 45 % от суммарного расхода. При расходе производственных сточных вод более 45 % коэффициенты неравномерности притока сточных вод следует определять с учетом неравномерности отведения хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод по часам суток согласно данным фактического притока сточных вод или данным эксплуатации объектов-аналогов.									
2. При средних суточных расходах сточных вод менее 5 л/с максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод принимают равным 3.									
3. При промежуточных значениях среднего суточного расхода сточных вод коэффициенты неравномерности притока сточных вод следует определять интерполяцией.									

Все расчёты заносятся в таблицы 23, 24.

Таблица 23 – Определение средних расходов на участках сети

№ участка	Длина участка сети, L, м	Удельный расход сточных вод на единицу длины сети, л/с·м	Средний секундный расход сточных вод на участке сети, л/с
1-й район			
1-2
	$\sum L_1$		$\sum q_{w1}$
2-й район			
...
	$\sum L_2$		$\sum q_{w2}$
3-й район (расширение застройки)			
...
	$\sum L_3$		$\sum q_{w3}$
	$\sum L_{\text{город}}$		$\sum q_w \text{ город}$

Таблица 24 – Определение расчетных расходов на участках сети

№№ Расчет- ных участ- тков	№№ участков					Средние расходы, л/с				Коефф-т неравно- мерности	Расчетные расходы			
	Путе- вых	Боков ых	Транзи- т-ных	Путев ые	Боков ые	Транзи- т-ные	Общие	От жилой застрой-ки	сосредоточенные		Сум- марные			
									Боко- вые			Транзит- ные		
Сеть до расширения жилой застройки														
Боковой приток														
Главный коллектор (до очистных сооружений)														
Сеть после расширения жилой застройки														
Коллектор в зоне расширения застройки														
Боковой приток														
Главный коллектор (до очистных сооружений)														

2.3 Гидравлический расчет водоотводящих сетей в условиях реконструкции. Высотное проектирование

Задача гидравлического расчета канализационной сети в том, чтобы при известном расходе воды подобрать диаметр труб и придать сети такие уклоны, при которых скорость движения потока была бы достаточной для перемещения загрязнений, движущихся с потоком.

При гидравлическом расчёте определяют диаметры и уклон труб, скорость движения и наполнения воды в них, потери напора на отдельных участках, а также вычисляют отметки лотков трубопроводов в колодцах и глубину их заложения.

Минимальная глубина заложения трубопроводов должна приниматься исходя из следующих условий:

- исключения промерзания труб;
- исключение механического разрушения труб под воздействием внешних нагрузок;
- обеспечения самотечного присоединения к трубопроводам внутриквартальных сетей и боковых веток.

Минимальную глубину заложения канализационных трубопроводов следует принимать на основании опыта эксплуатации подземных коммуникаций в данной местности.

При отсутствии данных по опыту эксплуатации минимальная глубина заложения (до низа трубы) может определяться по формулам

- исходя из глубины промерзания h'_{min} , м:

$$h'_{min} = h_{pr} - a, \quad (66)$$

где h_{pr} – глубина промерзания грунта, м, принимается в соответствии с СНБ 2.04.02 (см. приложение 3);

a – величина, зависящая от диаметра трубопровода, значение которой рекомендуется принимать, м:

- 0,3 при диаметре до 500 мм;
- 0,5 при большем диаметре;

• исходя из защиты трубопроводов от механического разрушения в результате воздействия внешних нагрузок h_{min}'' , м:

$$h_{min}'' = 0,7 + d, \quad (67)$$

где d – наружный диаметр трубы, м.

Минимальную глубину заложения трубопровода в диктующей точке следует принимать большую из двух значений полученных по формулам (66) и (67).

Минимально допустимую глубину уличной сети в начальной точке H_0 , м, следует определять по формуле

$$H_0 = h_{min} + i \cdot \Sigma L + z_0 - z + \Delta d, \quad (68)$$

где h_{min} – глубина заложения выпуска из самого удаленного здания квартала, м;

z_0 – отметка поверхности земли в начальной точке уличной сети, м;

z – отметка поверхности земли у выпуска, м;

ΣL – суммарная длина внутриквартальной сети и соединительной ветки, м;

Δd – разница в диаметрах городской и внутриквартальной сетей, м;

i – уклон внутриквартальной сети.

При отсутствии исходных данных по внутриквартальной сети в курсовой работе допускается принимать диаметр выпуска и диаметр внутриквартальной сети $d_{вып} = 150 \div 200$ мм, уклон внутриквартальной сети $i = 0,008 \div 0,007$.

Максимальную глубину заложения канализационной сети следует определять технико-экономическим расчетом в зависимости от материала труб, их диаметра, грунтовых условий, метода производства работ. Наибольшую глубину заложения самотечных коллекторов рекомендуется принимать при открытом способе производства работ: до 4,5 м в скальных грунтах, до 5–6 м в мокрых и пlyingунах, до 7–8 м в сухих песчаных.

При проектировании самотечных коллекторов следует предусматривать пропуск расчетных расходов при незаиливающих скоростях движения транспортируемых сточных вод в соответствии с требованиями строительных норм Республики Беларусь [14] по выполнению условий скорости и наполнения (таблица 25). Гидравлический расчет напорных канализационных трубопроводов следует производить в соответствии с требованиями строительных норм Республики Беларусь [1].

Таблица 25 – Наибольшее наполнение и наименьшие скорость и уклон при проектировании самотечных сетей

Диаметр условного прохода, мм	Наибольшее наполнение	Наименьшие	
		скорость, м/с	уклон
До 200	0,60	0,70	0,0046
300	0,70	0,80	0,0033
400	0,70	0,80	0,0021
500	0,75	0,90	0,0020
600	0,75	1,00	0,0019
800	0,75	1,00	0,0013
1000	0,80	1,15	0,0013
1200	0,80	1,15	0,0010
1400	0,80	1,3	0,0010
2000 и более	0,80	1,5	0,0009

Гидравлический расчёт в курсовой работе выполняется для главного коллектора и бокового притока, к которому предполагается присоединение при расширении застройки (существующее положение), а также магистрального коллектора и бокового притока к нему в районе расширения жилой застройки (реконструкция сети).

Данные гидравлического расчёта сводятся в форму таблицы 26.

Расчетные участки в местах их соединения, а также в местах присоединения боковых притоков, должны выравниваться по расчётному уровню воды или по шельгам. Во всех случаях соединения труб в колодце дно лотка входной трубы не должно быть ниже дна лотка выходной трубы.

Построение продольного профиля ведется одновременно с гидравлическим расчетом. Профиль строится для коллектора, расположенного в новом районе (расширения жилой застройки) до колодца подключения на существующей сети. Соединение может осуществляться самотеком или при помощи напорной ветки от проектируемой насосной станции перекачки. Если подключение к самотечной сети производится под напором, то на напорной ветке перед присоединением устраивается колодец-гаситель.

На профиле указывают надземные сооружения, поверхность земли, уровень грунтовых вод, глубину заложения по колодцам. Профиль вычерчивается в масштабах: вертикальный 1:100, горизонтальный 1:10000 или 1: 20 000. Под профилем помещают таблицу основных данных.

Отметки поверхности земли расчетных колодцев выписываются методом интерполяции согласно горизонталям с генплана населенного пункта. Все отметки: лотка трубы, поверхности воды, шельги трубы и другие – записываются с точностью до 0,001 м.

Для самотечных канализационных трубопроводов следует применять безнапорные трубы пластмассовые, железобетонные, чугунные и хризотилцементные. Для напорных канализационных трубопроводов следует применять напорные трубы пластмассовые, железобетонные, стальные, чугунные и хризотилцементные (см. приложение 4).

Применение чугунных труб для самотечной и стальных для напорной сетей допускается при прокладке:

- в труднодоступных пунктах строительства;
- просадочных грунтах, на подрабатываемых территориях;
- в местах переходов через водные преграды;
- под железными и автомобильными дорогами;
- в местах пересечения с сетями питьевого водоснабжения;
- при прокладке трубопроводов по опорам эстакад;
- в местах, где возможны механические повреждения труб.

Таблица 26 – Гидравлический расчет хозяйственно-бытовой канализационной сети

№ участка	Длина, м	Расчетный расход, л/с	Уклон, i	Диаметр, мм	Скорость, м/с	Наполнение		Падение уклона, м $h' = i \cdot l$	Отметка, м			Глубина заложения, м					
						h/D	h, м		Поверхности земли		Поверхности воды или щель/пл		Поверхности лотка				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Главный коллектор сети до расширения жилой застройки																	
1-2	357	6,1	0,007	200	-0,656	0,316	0,0632	2,50	183,95	183,85	182,81	180,31	182,75	180,25	1,20	3,60	2,40
2-3(НС)	1010	23,7	0,004	250	0,757	0,567	0,14175	4,04	183,85	182,90	180,19	176,15	180,051	176,01	3,80	6,89	5,34
3-10	480	27,3	0,0045	300	0,817	0,446	0,1338	2,16	182,90	182,70	181,83	179,84	181,70	179,54	1,20	3,16	2,18
10-12	857	179,2	0,0019	550	0,937	0,693	0,38115	1,63	182,70	181,95	179,84	178,21	179,29	177,66	3,41	4,29	3,85
12-13	503	267,5	0,0016	700	0,979	0,623	0,4361	0,80	181,95	181,50	180,99	180,18	180,55	179,75	1,40	1,75	1,58
13-22	1419	289,5	0,0016	700	0,993	0,657	0,4599	2,27	181,50	181,30	180,18	178,15	179,72	177,45	1,78	3,85	2,81
22-40	1573	484,1	0,0012	900	1,031	0,677	0,6093	1,89	181,30	181,05	178,15	176,26	177,25	175,36	4,05	5,69	4,87
40-ГКНС	47	697,2	0,001	1100	1,062	0,655	0,7205	0,05	181,05	181,00	176,26	175,84	175,16	175,12	5,89	5,88	5,89
Боковой приток																	
41-42	597	13,5	0,005	200	-0,728	0,571	0,1142	2,99	182,65	182,07	181,56	178,58	181,45	178,47	1,20	3,60	2,40
42-12(НС)	517	15,2	0,006	200	0,802	0,58	0,116	3,10	182,07	181,95	178,38	175,28	178,27	175,16	3,80	6,79	5,30
Главный коллектор сети в районе расширения жилой застройки																	
43-44	612	13,0	0,0045	200	0,77	0,514	0,1028	2,75	184,75	184,70	183,65	181,00	183,55	180,80	1,20	3,90	2,55
44-46	884	21,4	0,004	250	0,833	0,538	0,1345	3,54	184,70	183,65	181,00	177,46	180,75	177,21	3,95	6,44	5,20
46-48	761	63,6	0,0025	400	0,916	0,627	0,2508	1,90	183,65	182,65	177,46	175,56	177,06	175,16	6,59	7,49	7,04
48-50	134	114,1	0,0019	500	0,943	0,717	0,3585	0,25	182,65	181,50	179,69	179,44	179,19	178,94	3,46	2,56	3,01
50-52	317	147,1	0,0017	550	0,982	0,57	0,3135	0,54	181,50	181,10	179,44	178,66	178,89	178,35	2,61	2,75	2,68
52-58	853	160,5	0,0017	600	1,002	0,604	0,3624	1,45	181,10	181,00	178,66	177,45	178,30	176,85	2,80	4,15	3,48
58-КНС1	28	198,79	0,0015	700	1,014	0,573	0,4011	0,04	181,00	180,90	177,45	177,11	176,75	176,71	4,25	4,19	4,22
Боковой приток сети в районе расширения жилой застройки																	
47-48	480	14,0	0,0045	250	0,782	0,536	0,134	2,16	182,65	182,65	181,78	179,74	181,65	179,49	1,20	3,16	2,18

2.4 Реконструкция насосных станций сточных вод

Проектирование и конструирование канализационных насосных станций следует выполнять, руководствуясь требованиями строительных норм Республики Бедарусь [14].

Насосные и воздухоудные станции по надежности действия следует подразделять на три категории. Категории надежности насосных станций следует принимать по таблице 27.

Таблица 27 – Категории надежности насосных станций

Категория надежности действия	Характеристика режима работы КНС
Первая	Не допускающие перерыва или снижения подачи сточных вод
Вторая	Допускающие перерыв подачи сточных вод не более 6 ч
Третья	Допускающие перерыв подачи сточных вод не более 1 сут
<i>Примечание</i> — Перерыв в работе КНС второй и третьей категорий возможен при учете технологических условий производства или при прекращении водоснабжения населенных пунктов не более чем на 1 сут при численности населения до 5000 чел.	

Требования к компоновке и обустройству канализационных насосных станций с погружной установкой насосов необходимо принимать согласно требованиям ТНПА с учетом особых требований к режиму эксплуатации насосов, устанавливаемых изготовителями насосов.

Число резервных насосов следует принимать по таблице 28.

Таблица 28 – Число насосов при категории надежности действия канализационных насосных станций

Бытовые и близкие к ним по составу производственные сточные воды				Агрессивные сточные воды	
Число насосов					
Рабочих	Резервных при категории надежности действия			Рабочих	Резервных при любой категории надежности действия
	первой	второй	третьей		
1	1 и 1 на складе	1	1	1	1 и 1 на складе
2	1 и 1 на складе	1	1	2 – 3	2
3 и более	1 и 1 на складе	1 и 1 на складе	1 и 1 на складе	4	3
–	–	–	–	5 и более	Не менее 50 %

Примечания

1. При реконструкции насосных станций для всех категорий надежности действия число насосов принимать 1 и 1 на складе.
2. При установке насосов зарубежных фирм, имеющих высокую надежность, а также позволяющих произвести замену насоса в течение от 3 до 4 часов, число резервных агрегатов может быть уменьшено на единицу с дополнительным хранением его на складе.

Для главной канализационной насосной станции выполняется подбор насосного оборудования с учетом установки погружных насосов.

Требуемое давление $P_{\text{НС}}$ погружного насоса определяется:

$$P_{\text{НС}} = P_{\text{СТ}} + \Delta P = P_{\text{СТ}} + \Delta p_{\text{НС}} + \Delta p_{\text{ВМ}} + \Delta p_{\text{НВ}} + \Delta p_{\text{И}}, \text{ Мпа}, \quad (69)$$

$$P_{\text{НС}} = (H_{\text{Г}} + h_{\text{НС}} + h_{\text{ВМ}} + h_{\text{НВ}} + h_{\text{И}}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ Мпа}, \quad (70)$$

где $H_{\text{Г}}$ – геометрическая высота подъема воды, м, определяется по формуле:

$$H_{\text{Г}} = Z_{\text{ОС}} - Z_{\text{ПР}}, \text{ м}, \quad (71)$$

$Z_{\text{ОС}}$ – отметка воды в приёмной камере очистных сооружений, м, по заданию на проектирование:

$$Z_{\text{ОС}} = Z_{\text{З(ОС)}} + 3,5, \text{ м},$$

$Z_{\text{З(ОС)}}$ – отметка земли очистных сооружений, м;

$$Z_{\text{ОС}} = 246 + 3,5 = 249,5 \text{ м};$$

$Z_{\text{ПР}}$ – отметка уровня воды в резервуаре ГКНС, по заданию:

$$Z_{\text{ПР}} = Z_{\text{З(ГКНС)}} - 2,3, \text{ м},$$

$Z_{\text{З(ГКНС)}}$ – отметка земли площадки ГКНС, м;

$$Z_{\text{ПР}} = 246,8 - 2,3 = 244,5 \text{ м};$$

тогда геометрическая высота подъема воды:

$$H_{\text{Г}} = 249,5 - 244,5 = 5 \text{ м};$$

$h_{\text{НС}}$ – потери напора на внутренних трубных коммуникациях насосной станции, ($h_{\text{НС}} = 1,8 \text{ м}$);

$h_{\text{И}}$ – напор сточной жидкости на изливе ($h_{\text{И}} = 1,0 \text{ м}$);

$h_{\text{ВМ}}$ – потери напора в водомере, м, определяемые по формуле:

$$h_{\text{ВМ}} = \frac{v_{\text{НВ}}^2}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{1}{m^2} - 1 \right) (1 - m), \text{ м}, \quad (72)$$

где m – коэффициент относительного сужения потока на диафрагме ($m = 0,2$).

После подстановки:

$$h_{\text{ВМ}} = \frac{1,14^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{1}{0,2^2} - 1 \right) (1 - 0,2) = 2 \text{ м};$$

$h_{\text{НВ}}$ – потери напора в нагнетательном водоводе, м:

$$h_{\text{НВ}} = 1,05 \cdot 1000i \cdot l_{\text{НВ}}, \text{ м}. \quad (73)$$

При расходе, подаваемом на очистные сооружения по двум водоводам, 964,564 л/с и диаметре напорных ж/б трубопроводов 700 мм каждый:

$$h_{\text{НВ}} = \frac{1,05 \cdot 2,11 \cdot 4000}{1000} = 8,8 \text{ м}.$$

После подстановки:

$$P_{\text{НС}} = (5 + 1,8 + 2 + 8,8 + 1) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,19 \text{ Мпа}.$$

Производится подбор насосного оборудования: для обеспечения заданной производительности 965 л/с и требуемого напора 19 м насосная станция оборудована погружными насосами марки Wilo-EMU FA...T производительностью $Q = 1050 \text{ м}^3/\text{ч}$ (400 л/с) каждый, с максимальным напором $H = 30 \text{ м}$ (2 насоса рабочих, 1 резервный).

2.5 Реконструкция сооружений по очистке сточных вод. Проверочный расчет пропускной способности сооружений механической / биологической очистки с учетом расширения очистной станции

Расчетную среднесуточную производительность канализационных очистных сооружений $Q_{расч}$, м³/сут следует определять в зависимости от суммарного расхода бытовых и производственных сточных вод [14]. Расчет сооружений сточных вод производится согласно требованиям и рекомендациям нормативной литературы [15,16].

Согласно заданию на проектирование, в курсовом проекте необходимо выполнить проверочный расчет пропускной способности отдельных сооружений механической и биологической очистки с учетом расширения очистной станции для уточнения количества этих сооружений или для реконструкции существующих путем ввода новых конструктивных элементов.

2.5.1 Подбор приемной камеры

Приемная камера предназначена для приема сточных вод, поступающих на очистные сооружения канализации, гашения скорости потока жидкости и сопряжения трубопроводов с открытым лотком. Камеры предусматриваются на поступление сточных вод по одному или двум трубопроводам и располагаются в насыпи высотой до 5м.

Выбор типоразмера камеры производится в зависимости от пропускной способности, диаметра и количества напорных трубопроводов (таблица 29).

Таблица 29 – Типоразмеры приемных камер очистных сооружений канализации

На один трубопровод				На два трубопровода		
пропускная способность, л/с	Диаметр трубопровода, мм	марка приемной камеры	размеры камеры А×В×Н, мм	Диаметр трубопровода, мм	марка приемной камеры	размеры камеры А×В×Н, мм
393	600	ПК-1-60	1500×1500×1600	2×500	ПК-2-50	1500×2000×1600
476	600	ПК-1-60		2×600	ПК-2-60а	
610	700	ПК-1-70		2×600	ПК-2-60б	1600×2500×1600
750	700	ПК-1-70		2×700	ПК-2-70	
917	800	ПК-1-80		2×800	ПК-2-80	
1140	900	ПК-1-90		2×800	ПК-2-80	
1390	1100	ПК-1-110	1500×1500×1600	2×900	ПК-2-90	2000×3200×2000
1810	1200	ПК-1-120		2×1100	ПК-2-110	
2210	1200	ПК-1-120		2×1200	ПК-2-120а	
2450	1400	ПК-1-140		2×1200	ПК-2-120б	
2920	1400	ПК-1-140		2×1200	ПК-2-120б	

С учетом увеличения пропускной способности очистных сооружений может требоваться замена приемной камеры с прокладкой дополнительного напорного трубопровода.

2.5.2 Расчет сооружений механической/биологической очистки

Выполняется расчет сооружения согласно заданию на проектирование. Ниже рассмотрен пример расчета вторичных отстойников.

2.5.2.1 Расчет вторичных отстойников до реконструкции

Фактическая расчетная нагрузка на площадь зеркала воды составляет:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot K_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot J \cdot a)^{0,5-0,01 \cdot d_t}}, \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}, \quad (74)$$

где K_{ss} – коэффициент использования объема зоны отстаивания, применяемый для горизонтальных отстойников – 0,45;

a_t – следует принимать не менее 10 мг/л.

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot 0,45 \cdot 4^{0,8}}{(0,1 \cdot 100 \cdot 4)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 4,65 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}.$$

Тогда требуемая площадь составит

$$F = \frac{q_{\max}}{q_{ssa}} = \frac{550 \cdot 3,6}{4,65} = 425 \text{ м}^2. \quad (75)$$

Принимаем горизонтальные отстойники размером 6×18м, глубиной 4 м, площадью 108 м² каждый. Всего принято 4 отделения горизонтальных отстойников общей площадью 432 м².

2.5.2.2 Расчет вторичных отстойников после реконструкции

Расчет горизонтальных отстойников после реконструкции аналогичен расчету до реконструкции. Данный расчет производится с целью проверки сооружений на пропуск увеличенного расхода после расширения жилой застройки.

Фактическая расчетная нагрузка на площадь зеркала воды составляет

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot 0,45 \cdot 4^{0,8}}{(0,1 \cdot 100 \cdot 4)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 4,65 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{ч}.$$

Тогда требуемая площадь составит

$$F = \frac{q_{\max}}{q_{ssa}} = \frac{965 \cdot 3,6}{4,65} = 747 \text{ м}^2.$$

Для обеспечения пропускa увеличенного расхода сточных вод требуется строительство еще трех отделений размером 6×18 м, глубиной 4 м, площадью 108 м² каждое.

3 Приемка, пуск и наладка работы пускового комплекса сооружений после реконструкции и/или расширения

Приемка в эксплуатацию законченных строительством или реконструированных очистных сооружений осуществляется в соответствии с СН Беларуси 1.03.04-2000 «Приемка законченных строительством объектов. Основные положения», [17,25].

Приемка в эксплуатацию является одним из важнейших моментов. Для сооружений водопровода и канализации осуществляется в 4 этапа:

- подготовительный;
- пробная эксплуатация;
- временная эксплуатация;
- постоянная эксплуатация.

Подготовительный этап "включает в себя следующие организационно-технические мероприятия, которые необходимо выполнить до пуска сооружений в пробную эксплуатацию:

1. Укомплектовать сооружения кадрами, обучить эксплуатационный персонал и провести его стажировку на аналогичных действующих очистных сооружениях.

2. Обеспечить все технологические участки и структурные подразделения положениями о них, должностными и эксплуатационными инструкциями, журналами для регистрации эксплуатационных показателей работы очистных сооружений, расчетными тарифовочными таблицами.

3. Проверить готовность химико-бактериологической лаборатории к контролю качества исходной и обрабатываемой воды.

4. Обеспечить требуемый запас и надлежащее хранение необходимых реагентов, фильтрующих материалов, решить вопрос о снабжении ими в будущем.

5. Нанести краской хорошо видимые порядковые номера на управляемые элементы оборудования (затворы, агрегаты и т.п.) соответственно инвентаризационным номерам по исполнительной документации;

6. Провести инструктаж эксплуатационного персонала о целях и задачах пробной эксплуатации, и технике безопасности при ее проведении.

В период подготовки сооружений к пусконаладочным работам следует осмотреть сооружения и установить их характерные размеры и отметки; сопоставить выполненные на основе фактических обмеров поверочные расчеты сооружений и их гидравлические испытания; выявить и ликвидировать строительно-монтажные и проектные дефекты и недоделки.

Гидравлическое испытание предусматривает определение водонепроницаемости бетонных и железобетонных сооружений и трубопроводов. Сооружения испытывают по мере их готовности до начала засыпки подземной части стен и не ранее, чем через 28 суток после окончания бетонных работ.

При проверке испытываемую емкость заполняют водой до наивысшего проектного уровня, при этом все затворы и шиберы каналов перекрывают и пломбируют; наружные поверхности стен открывают для свободного досту-

па и осмотра; по истечении не менее 3 суток после заполнения сооружений фиксируют величину суточного понижения уровня воды в емкости, которое за одни сутки не должно превышать 3 л на 1 м смоченной поверхности стен и днища. Напорные и самотечные трубопроводы испытывают в соответствии с правилами, действующими при испытании магистральных трубопроводов.

Горизонтальность кромок проверяют по уровню воды или нивелиром. Отклонение поверхности кромок от горизонтальной плоскости не должно превышать +2 мм.

Гидравлические испытания завершаются составлением акта.

Обследование *отстойников* заключается в проверке отметок гребней водосливов, работы систем удаления осадка.

В отстойниках для правильной и безаварийной работы илоскреба большое значение имеет точность установки внутреннего рельсового пути, центральной опоры, правильность укладки бетона в днище и приварки скребков к форме скребкового крыла.

Проверка геометрических параметров сооружений включает в себя контрольную нивелировку на очистных сооружениях тех отметок, неправильное расположение которых нарушает технологический и гидравлический режим работы сооружений.

На отстойниках такими местами являются: днища и борта подводных и отводящих лотков, уклон днища, отметки для приямка, гребни переливного водослива осветленной жидкости.

При выявлении каких-либо строительных недоделок или дефектов представитель заказчика совместно с администрацией станции и представителями строящих организаций составляют на них акт. Все дефекты и недоделки устраняются до ввода станции в эксплуатацию.

Работы, относящиеся к пробной и временной эксплуатации, называются наладочными.

В процессе проведения наладочных работ устраняются выявленные на сооружениях дефекты и недоделки, достигаются необходимые технологические параметры работы всех сооружений, обеспечивается стандарт качества воды, выявляются резервы мощности оборудования и отдельных элементов сооружений.

Наладка сооружений осуществляется в два этапа. Первый этап направлен на предварительное обследование технического состояния.

Второй этап – это технологическая наладка.

Целью технологической наладки сооружений является полное устранение ранее выявленных дефектов и недоделок, интенсификация процессов осветления воды с обеспечением наиболее приемлемой ее очистки, достижение требуемых гидравлических и технологических параметров работы сооружений, заданных проектом и действующими нормативами на эксплуатацию сооружений.

Технологическая наладка производится на проектные режимы (как по расходам, так и по технологии) и на условия максимально форсированной нагрузки при отключении отдельных сооружений на ремонт или чистку.

Проведение наладочных работ обеспечивает надежную и безаварийную работу очистной станции.

Для оценки работы очистной станции необходимо вести учет работы по определенным параметрам всего комплекса и отдельных сооружений. Работа *вторичных отстойников* оценивается эффектом осветления воды от ила или биопленки.

Нормальная работа характеризуется следующими показателями:

- влажность ила 99,2–99,6 %;
- влажность биопленки 94–96%;
- концентрация ила 4–8 г/л.

В постоянную эксплуатацию очистные сооружения принимаются специально назначенной приемочной комиссией после их ввода во временную эксплуатацию, проведения всесторонних комплексных испытаний и вывода очистных сооружений на нормальный эксплуатационный режим с достижением проектной производительности. Комиссией заполняется *акт приемки* объекта в эксплуатацию, который должен быть подписан всеми членами комиссии. Дата подписания акта считается датой ввода в постоянную эксплуатацию.

Данный раздел курсовой работы предусматривает разработку приемно-сдаточной документации [25, 26]: заполнение примера *заключения* органов госконтроля перед вводом реконструируемого сооружения в эксплуатацию и *акта ввода* этого сооружения в эксплуатацию приемочной комиссией.

Литература

1. СН 4.01.01-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.

2. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З.

3. Закон Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении» от 24 июня 1999 г. № 271-З.

4. Правила пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах. Утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 сентября 2016 г. № 788.

5. СанПиН от 16.12.2015 № 125 Санитарные нормы и правила Республики Беларусь «Санитарно-эпидемиологические требования к охране подземных водных объектов, используемых в питьевом водоснабжении, от загрязнения». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.12.2015 № 125.

6. СанПиН 16.09.2014 № 69 Санитарные нормы и правила Республики Беларусь «Санитарно-эпидемиологические требования к системам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.09.2014 № 69.

7. СанПиН от 25.10.2012 № 166 Санитарные нормы и правила Республики Беларусь «Требования к физиологической полноценности питьевой воды». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 25.10.2012 № 166.

8. СанПиН от 30.12.2016 № 142 Санитарные нормы и правила Республики Беларусь «Требования к организации зон санитарной охраны источников и централизованных систем питьевого водоснабжения». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2016 № 142.

9. СанПиН 10-124 РБ 99 Санитарные правила и нормы Республики Беларусь «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 19.10.1999 г. № 46.

10. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения населения». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 2 августа 2010 г. № 105.

11. Закон Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 7 января 2012 г. № 340-З.

12. Правила по обеспечению промышленной безопасности при использовании и хранении хлора. Утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 30 июня 2017 г. № 31.

13. Гигиенический норматив. ГН 2.1.4-12-17-2006 Предельно допустимая концентрация (ПДК) диоксида хлора в питьевой воде. Утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 9 октября 2006 г. № 119.

14. СН 4.01.02-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Канализация. Наружные сети и сооружения». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.

15. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 26 мая 2017 г. № 16 «О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод».

16. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 Экологические нормы и правила Республики Беларусь «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности». Утверждены постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18 июля 2017 г. № 5-Т.

17. Правила пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах. Утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 сентября 2016 г. № 788.

18. СанПиН от 11.10.2017 № 91 Санитарные нормы и правила Республики Беларусь «Требования к санитарно-защитным зонам организаций, сооружений и иных объектов, оказывающих воздействие на здоровье человека и окружающую среду». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 11.10.2017 № 91.

19. Правила по охране труда при эксплуатации и ремонте водопроводных и канализационных сетей. Утверждены постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь и Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 26 апреля 2002 г. № 11/55.

20. СанПиН от 15.05.2012 № 48 Санитарные нормы и правила Республики Беларусь «Требования к системам водоотведения населенных пунктов». Утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15.05.2012 № 48.

21. СН 2.02.02-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Противопожарное водоснабжение». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.

22. СН 4.01.03-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.

23. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – М.: Изд. дом «БАСТЕТ», 2014. – 382 с.

24. Лукиных, А. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского: Справочное пособие / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. – 5-е изд. – М.: Стройиздат, 1987. – 152 с.

25. Постановление Совета Министров РБ от 06.06.2011г. №716 «Об утверждении положения о порядке приемки в эксплуатацию объектов строительства».

26. Приказ от 26.10.2012г. №339 «О признании утратившим силу пункта 2 приказа от 27 ноября 2008г. №433 и утверждении форм актов и перечня документации». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2012.

27. Житенёв, Б. Н. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водопроводные сети» для студентов специальности 700403 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / Б. Н. Житенев, С. В. Андреюк. – Брест : БрГТУ, 2015. – 65 с.

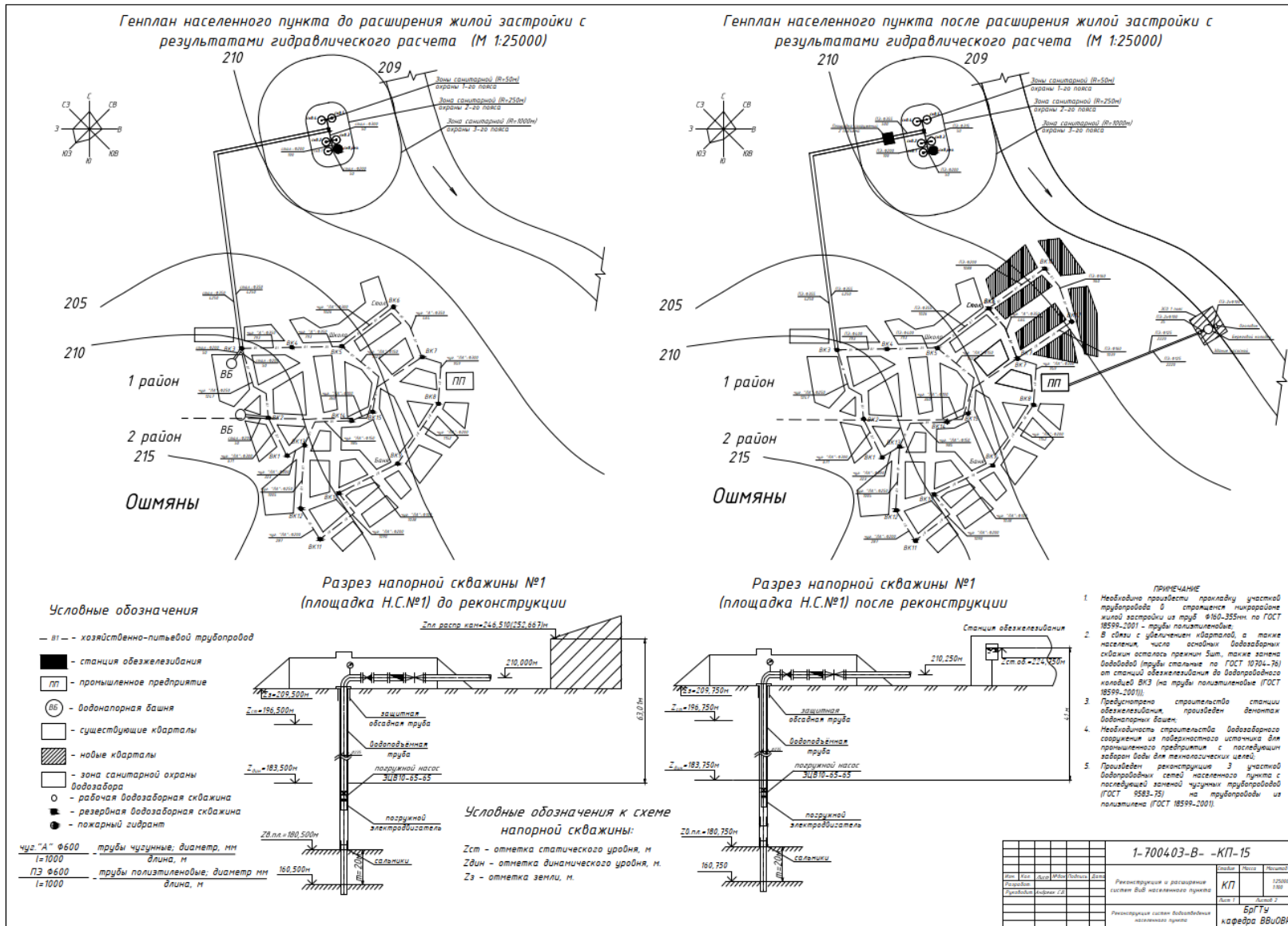
28. Белов, С. Г. Городская очистная станция : пособие / С. Г. Белов, Т. И. Акулич, С. В. Андреюк. – Брест : БрГТУ, 2018. – 114 с.

29. Сторожук, Н. Ю. Водоотводящая сеть города : пособие / Н. Ю. Сторожук, С. В. Андреюк. – Брест : БрГТУ, 2018.– 79 с.

30. Пойта, Л. Л. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения» для студентов специальности 700403 / Л. Л. Пойта. – Брест : БрГТУ, 2003. – 43 с.

31. Андреюк, С. В. Технические рекомендации по проектированию и расчету сооружений очистки воды от нитратов методом ионного обмена для питьевых целей / С. В. Андреюк, Б. Н. Житенев. – Брест : БрГТУ, 2019. – 15 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Пример оформления листа «Реконструкция системы водоснабжения» (ФА1)



ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Глубина промерзания грунта, см (СНБ 2.04.02–2000)

Область, пункт	Средняя из максимальных за год	Наибольшая из максимальных	Тип грунта
ВИТЕБСКАЯ ОБЛАСТЬ			
Езерище	67	130	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине 0,5-0,6 м моренным суглинком
Верхнедвинск	59	105	Тяжелый суглинок, подстилаемый на глубине 0,5 м глиной
Полоцк	60	122	Пылеватая супесь, подстилаемая на глубине 0,5-0,6 м моренным суглинком
Шарковщина	89	134	Тяжелый суглинок, подстилаемый на глубине 0,3-0,4 м глиной
Витебск	73	142	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине 0,5-0,6 м моренным суглинком
Лынтупы	63	123	Супесь, подстилаемая песком
Докшицы	82	130	Супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Лепель	53	99	Супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Сенно	79	129	Моренный суглинок
Орша	71	140	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ			
Вилейка	80	148	Легкая супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Борисов	71	147	Легкий суглинок, подстилаемый на глубине около 1 м песком
Воложин	51	97	Моренный суглинок
Минск	63	137	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине около 1 м песком
Березино	77	150	Легкая супесь, подстилаемая на глубине до 1 м песком
Столбцы	55	90	Супесь, подстилаемая на глубине 0,4-0,5 м моренным суглинком
Марьина Горка	79	134	Легкая супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Слуцк	71	133	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине около 1 м песком
ГРОДНЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ			
Ошмяны	78	142	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине 0,5 м моренным суглинком
Лида	58	113	Супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком
Гродно	65	134	Суглинок, подстилаемый на глубине до 1 м моренным суглинком
Новогрудок	35	75	Легкий суглинок и пылеватая супесь, подстилаемые на глубине 0,3-0,4 м моренным суглинком
Волковыск	76	149	Супесь, подстилаемая на глубине до 1 м моренным суглинком

Продолжение таблицы (приложение 3)

Область, пункт	Средняя из максимальных за год	Наибольшая из максимальных	Тип грунта
МОГИЛЕВСКАЯ ОБЛАСТЬ			
Горки	76	145	Легкий суглинок
Могилев	65	130	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине до 1 м моренным суглинком
Кличев	82	150	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком
Славгород	75	140	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком
Костюковичи	77	150	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком
Бобруйск	69	132	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком с прослойкой песка
БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТЬ			
Барановичи	92	150	Супесь, подстилаемая на глубине 0,6-0,7 м песком или моренным суглинком
Ганцевичи	39	112	Песок и легкий суглинок, подстилаемый песком
Ивацевичи	47	127	Супесь, подстилаемая на глубине 0,5-0,6 м песком
Пружаны	77	150	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком или супесью
Высокое	59	115	Супесь, подстилаемая на глубине 0,5-0,6 м моренным суглинком
Полесский	63	100	Песок
Брест	55	142	Песок
Пинск	62	121	Пылеватая супесь, подстилаемая на глубине около 1 м суглинком
ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ			
Жлобин	75	120	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком
Чечерск	61	>150	Супесь, подстилаемая на глубине около 1 м моренным суглинком
Октябрь	63	119	Песок, подстилаемый на глубине около 1 м моренным суглинком
Гомель	63	148	Песок
Василевичи	69	150	Пылеватая супесь и песок
Житковичи	48	102	Песок
Мозырь	68	135	Супесь, подстилаемая на глубине 0,3-0,4 м песком
Лельчицы	58	106	Песок
Брагин	62	115	Легкий пылеватый суглинок, подстилаемый на глубине около 1 м песком

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Трубы, применяемые при проектировании сетей ВиВ

DN, мм	Трубы ПЭ 100 (PN10) SDR 17 (для напорных сетей)				Трубы ПЭ 100 (PN8) SDR 26 (для самотечных сетей и футляров)				Трубы стальные эл/сварные прямошовные		
	ГОСТ 18599-2001								ГОСТ 10704-91		
	Днар. х е., мм	Двн., мм	Масса 1м.п., кг.	L, м	Днар. х е., мм	Двн., мм	Масса 1м.п., кг.	L, м	DN., мм	Днар х е., мм	Масса 1м.п., кг.
--	SDR11 20x2,0	16,0	0,12	Бухты, 6,0, 12,0	SDR11 20x2,0	16,0	0,12	Бухты, 6,0, 12,0	50	57x3	4,00
20	SDR11 25x2,3	20,4	0,17		SDR11 25x2,3	20,4	0,17		65	76x3	5,40
25	32x2,0	28,0	0,19		SDR17 32x2,0	28,0	0,19		80	89x3,5	7,38
32	40x2,4	35,2	0,30		SDR 17 40x2,4	35,2	0,30		100	108x4	10,26
40	50x3,0	46,0	0,45		50x2,0	46,0	0,31		125	133x4	12,73
50	63x3,8	55,4	0,72		63x2,5	58,0	0,49		150	159x5	18,99
65	75x4,5	66,0	1,02		75x2,9	69,2	0,67		200	219x7	36,60
80	90x5,4	79,2	1,47		90x3,5	83,0	0,98		250	273x8	52,28
100	110x6,6	96,8	2,18		110x4,2	101,6	1,44		300	325x8	62,54
100	125x7,4	110,2	2,78		125x4,8	115,4	1,85		350	377x9	81,68
125	140x8,3	123,4	3,49	140x5,4	129,2	2,33	400	426x9	92,55		
150	160x9,5	141,0	4,56	160x6,2	147,6	3,06	500	530x8	102,99		
150	180x10,7	158,6	5,77	180x6,9	166,2	3,81	600	630x8	122,72		
200	200x11,9	176,2	7,11	200x7,7	184,6	4,73	700	720x8	140,47		
200	225x13,4	198,2	9,02	225x8,6	207,8	5,94	800	820x8	160,20		
250	250x14,8	220,4	11,10	250x9,6	230,8	7,36	900	920x10	224,42		
250	280x16,6	246,8	13,90	280x10,7	258,6	9,18	1000	1020x10	249,08		
300	315x18,7	277,6	17,60	315x21,1	272,8	11,70	1100	1120x10	273,74		
350	355x21,1	312,8	22,40	355x13,6	327,8	14,80	1200	1220x11	327,97		
400	400x23,7	352,6	28,30	400x15,3	369,4	18,70	1400	1420x11	382,23		
500	450x26,7	396,6	35,90	450x17,2	415,6	23,70	Условное обозначение: Труба стальная эл/св. прямошовная 530x8 ГОСТ 10704-91				
500	500x29,7	440,6	44,30	500x19,1	461,8	29,20					
600	560x33,2	493,6	55,50	560x21,4	517,2	36,60	-				
600	630x37,4	555,2	70,30	630x24,1	581,8	46,40					
700	710x42,1	625,8	89,30	710x27,2	655,6	59,10	-				
800	800x47,4	705,2	113,00	800x30,6	738,8	74,90					
900	900x53,3	793,4	143,00	900x34,4	831,2	94,70	-				
1000	1000x59,3	881,4	177,00	1000x38,2	923,6	117,00					
1200	1200x71,1	1057,8	255,00	1200x45,9	1108,2	168,00	-				
Условное обозначение: Труба ПЭ 100 SDR 17 Ø400x23,7, ГОСТ 18599-2001				Условное обозначение: Труба ПЭ 100 SDR 26 Ø400x15,3, ГОСТ 18599-2001							

Продолжение таблицы (приложение 4)

Корсис					Трубы железобетонные безнапорные СТВ 1163-99				
ТУ 2248-001-73011750-2005									
L труб 12 м.									
DN/OD мм	Двн., мм	Высота гофра, мм	Масса 1м.п., кг. SN4/SN8	Вес муфты с рез. кольц.	Марка	Днар., мм	тип Т	Длина, м	
							Двн., мм	масса трубы, т	
160x1,2	138	11	1,5/2,1	0,37					
200x1,4	176	13	1,8/2,5	0,52					
250x1,7	216	15	2,9/3,7	0,94					
315x1,9	271	21,5	4,6/5,7	1,74					
400x2,3	343	26	7,0/8,7	3,14	Т 40.25-1(2,3)- Н	500	400	0,95	2500
500x2,8	427	33	12,0/13,2	5,96	Т 50.25-1(2,3)- Н	620	500	1,40	2500
630x3,3	535	45	17,7/20,3	10,48	Т 60.25-1(2,3)- Н	720	600	1,70	2500
800x4,1	678	61	24,5/33,1	15,52	Т 80.30-1(2,3)- Н	960	800	3,00	3000
1000x5,0	851	75	40,5/51,7	27,66	Т 100.30- 1(2,3)-Н	1200	1000	4,60	3000
1200x5,0	1030	85	56,0/66,9	40,32	Т 120.30- 1(2,3)-Н	1420	1200	6,10	3000
<i>труба с приваренным раструбом:</i>					Т 140.30- 1(2,3)-Н	1620	1400	7,00	3000
					Т 160.30- 1(2,3)-Н	1840	1600	8,70	3000
					Т 200.35- 1(2,3)-Н	2260	2000	10,6	3500
					Т 240.35- 1(2,3)-Н	2700	2400	10,3	3500
Назначение: Безнапорная и ливневая канализация									
Условное обозначение: Труба КОРСИС DN/OD 315 SN4 ТУ 2248-001-73011750-2005									
<i>если с раструбом:</i> Труба КОРСИС DN/OD 1000 P SN8 ТУ 2248-001-73011750-2005					Условное обозначение: Т 40.25-1-Н СТВ 1163-99				

Продолжение таблицы (приложение 4)

Хризотилцементные трубы																	
ГОСТ 31416-2009						ГОСТ 31416-2009											
Трубы безнапорные БНТ						Трубы напорные ВТ-9											
Ду, мм	Днар., мм	Двн., мм	Длина, м	Масса 1м.п., кг.	Масса муфты, L-150мм; кг	Ду, мм	Днар., мм	Двн., мм	Длина, м	Масса 1м.п., кг.							
100		100	3950	6	1,4	100	122	100	3950	9,2							
150	161	141	3950	9	2,3	150	168	141	3950	15,2							
						200	224	196	5000	24,5							
						300	324	286	5000	47,7							
						400	427	377	5000	81,8							
<p>Условные обозначения:</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>БНТ 100 ГОСТ 31416-2009</td> </tr> <tr> <td>БНТ 150 ГОСТ 31416-2009</td> </tr> </table>						БНТ 100 ГОСТ 31416-2009	БНТ 150 ГОСТ 31416-2009	<p>Условные обозначения:</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>ВТ9 100х 3950 тип 1 ГОСТ 31416-2009</td> </tr> <tr> <td>ВТ9 150х 3950 тип 1 ГОСТ 31416-2009</td> </tr> <tr> <td>ВТ9 200х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009</td> </tr> <tr> <td>ВТ9 300х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009</td> </tr> <tr> <td>ВТ9 400х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009</td> </tr> </table>					ВТ9 100х 3950 тип 1 ГОСТ 31416-2009	ВТ9 150х 3950 тип 1 ГОСТ 31416-2009	ВТ9 200х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009	ВТ9 300х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009	ВТ9 400х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009
						БНТ 100 ГОСТ 31416-2009											
						БНТ 150 ГОСТ 31416-2009											
						ВТ9 100х 3950 тип 1 ГОСТ 31416-2009											
						ВТ9 150х 3950 тип 1 ГОСТ 31416-2009											
						ВТ9 200х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009											
ВТ9 300х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009																	
ВТ9 400х 5000 тип 2 ГОСТ 31416-2009																	

Трубы керамические канализационные СТБ 1418-2003

Ствол трубы				Раструб трубы			Номинальная толщина стенки ствола и раструба S (пред.откл. ±4)			
Внутренний диаметр d		Номинальная длина L (пред.откл. ±20)	Номинальная длина нарезки l (пред.откл. ±5)	Внутренний диаметр d ₁		Номинальная глубина l ₁ (пред.откл. ±5)				
Номинал.	Пред.откл.			Номинал.	Пред.откл.					
150	±7	1000; 1100; 1200; 1300; 1400; 1500	60	224	±7	60	19			
200				282			20			
250				340			22			
300	±10			398	±10		27			
350	±11			70	70		456	±11	70	28
400							510			30
450		568	34							
500		622	36							
550		678	39							
600	±12	734	±12			41				

D_y , мм	$D_{нар}$, мм	$D_{вн}$, мм	Длина, м	Масса, 1 п.м., кг
---------------	----------------	------------------	-------------	-------------------------

ТРУБЫ ЧУГУННЫЕ НАПОРНЫЕ КЛАСС ЛА, $P_y=2,5$ Мпа					
ТУ 14-3-1247-83					
	118x7,5	100	3...5,3	18,9	Обозначение
	170x8,3	150		30,5	Труба ЧНР 250 ЛА ТУ14-3-1247-83
	222x9,2	200		44,6	
	274x10,0	250		60,1	
	326x10,8	300		77,6	
ТУ14-161-161-95					
	429x12,5	400	3...5,3	118,5	
ТУ 14-161-183-2000 (ЧШГ)					
	532x14,2	500	3...5,3	167,5	
	635x15,8	600		222,9	
	738x17,5	700		287,2	
	842x19,2	800		359,8	
	945x20,6	900		437,8	

Трубы железобетонные напорные СТБ 1986-2009

Диаметр, мм	600	1000	1200	1400	1600
Толщина стенки, мм	65	75	85	95	105
Полезная длина, мм	5000	5000	5000	5000	5000

Расчетное внутреннее давление в трубопроводе, МПа (кгс/см кв.)
Трубы II класса - до 1,0 (10), трубы III класса – до 0,5 (5)

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Скорости фильтрования при нормальном и форсированном режимах для расчета скорых фильтров

Фильтры	Характеристика фильтрующего слоя				Скорость фильтрования, м/ч		Скорость подачи при промывке, м/ч		Продолжительность промывки, мин	Относительное расширение фильтрующей загрузки, %
	Материал загрузки	Диаметр зерен, мм	Высота слоя, м	Коэффициент неоднородности	при нормальном режиме	при форсированном режиме	воды	воздуха		
Однослойные	Кварцевый песок	0,5–1,2	0,8	1,8–2	4–5	5–6	43–50	–	6	45
		0,7–1,6	1,5	1,6–1,8	5–6	6–7	50–58	–	6	30
	Дробленый керамзит	0,5–1,2	0,8	1,8–2	5–6	6–7	43–50	–	6	45
		0,7–1,6	1,5	1,6–1,8	6–7	7,2–8,5	50–58	–	6	30
Двухслойные	Дробленый керамзит или антрацит	0,8–1,8	0,8	1,6–1,8	7–9	8,5–11	50–58	–	7	50
	Песок	0,5–1,2	0,5	1,8–2						
Трехслойные	Активированный уголь	3–5	0,3	1,5	10–12	12–15	Первая фаза 70–75	–	3	–
	Антрацит	1,25–3,15	1,25	1,5			–	Вторая фаза 50–60	5	45
	Песок	0,8–1,2	0,5	1,5			Третья фаза 70–75	–	5	–

Примечания

1. Расчетные скорости фильтрования должны приниматься по результатам технологических исследований, выполненных непосредственно у источника водоснабжения.

Для напорных фильтров скорость фильтрования допускается принимать в пределах 10-15 м/ч при нормальном режиме и 12-18 м/ч – при форсированном.

2. Допускаются отклонения крупности материала загрузки фильтров в пределах до 10 %.

3. При применении фильтрующих материалов, не предусмотренных в настоящей таблице, рекомендуемые параметры необходимо уточнять на основании экспериментальных данных или имеющегося опыта применения.

4. Эквивалентный диаметр зерен d_3 , мм, следует определять по формуле $d_3 = 100 / \sum (P_i / d_i)$,

где P_i – процентное содержание фракций со средним диаметром зерен d_i , мм.

Учебное издание

Составители:

Светлана Васильевна Андреюк

Борис Николаевич Житенев

Сергей Григорьевич Белов

Методические указания

к практическим занятиям и выполнению курсовой работы по дисциплине
«Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения» для студентов
специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана
водных ресурсов»

Ответственный за выпуск: Андреюк С. В.

Редактор: Боровикова Е. А.

Корректор: Дударук С. А.

Компьютерная верстка: Митлошук М. А.

Подписано к печати 30.12.2020 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнитура Arial.
Бумага «Performer». Усл. п. л. 4,19. Уч. изд. 4,5. Заказ № 1267. Тираж 22 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.