

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович  
Должность: ректор ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ  
Дата подписания: 15.09.2021 15:34:22  
Уникальный программный ключ:  
5b8335c1f5a671091a51b20834d013400338

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**Факультет** \_\_\_\_\_  
ИНЖЕНЕРИИ И ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

## РАСЧЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ВОДОПРОВОДА

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине  
«Противопожарное водоснабжение»

Специальность  
**20.05.01 Пожарная безопасность**  
специализация "Профилактика и тушение пожара"

Саратов 2021

**УДК 628.1:614.84**

**Расчёт объединенного водопровода:** методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Противопожарное водоснабжение» / Сост.: Горбачева М.П, Есин А.И.; ФГБОУ ВО СГАУ. – Саратов, 2021. – 56 с.

Методические указания направлены на формирование навыков самостоятельной работы с нормативными документами, расчета и проектирования систем наружного противопожарного водоснабжения. Материал ориентирован на вопросы профессиональных компетенций будущих специалистов в области пожарной безопасности.

## Содержание

Введение .....	4
1 Краткая характеристика объекта .....	6
2 Расчет хозяйственно-питьевого и производственного водопотребления ....	8
3 Расчет расхода воды на пожаротушение .....	11
4 Гидравлический расчет водопроводной сети .....	13
5 Выбор режима работы насосных станций.....	25
6 Расчет размеров водопроводной башни .....	29
7 Расчет объема резервуара чистой воды .....	33
8 Расчет водоводов.....	35
9 Подбор насосов НС-II.....	37
10 Расчет свободных напоров.....	39
11 Конструирование водопроводной сети.....	43
Список использованной литературы .....	45
Приложение А (обязательное) .....	48
Приложение Б (справочное) .....	52

## Введение

Большинство населенных пунктов и промышленных предприятий оборудуются объединенным хозяйственно–противопожарным водопроводом. Вопросы противопожарного водоснабжения всегда решаются комплексно с вопросами общего водоснабжения.

Цель работы - усвоить основы методики проектирования и технико-экономического расчета объединенного водопровода.

Общие требования к оформлению курсовой работы:

– Курсовая работа оформляется на стандартных листах белой бумаги формата А4. При необходимости для оформления отдельных схем, таблиц, иллюстраций допускается использовать листы формата А3.

– Текст работы должен быть исполнен на компьютере на одной стороне листа с использованием редактора WORD, шрифт – «Times New Roman», кегль 14, межстрочный интервал – 1,5. Абзацный отступ 1,25 см.

– Текст работы располагается на листах, соблюдая следующие размеры: левое поле – 30 мм, правое поле – 15 мм, верхнее и нижнее поля – 20 мм. При печати текстового материала следует использовать выравнивание «по ширине».

– Нумерация страниц сквозная, начиная с титульного листа. Номер страницы на титульном листе и на задании не ставится. Номера проставляются внизу страницы, по центру.

– Каждая глава начинается с новой страницы.

– Название раздела или подраздела от основного текста отделяется одним межстрочным интервалом.

– Заголовки глав и параграфов выполняются полужирным шрифтом.

– Таблицы и рисунки располагаются после упоминания их в тексте. Текст таблицы «Times New Roman», кегль 12, интервал внутри таблиц -1.

– Формулы следует располагать по центру.

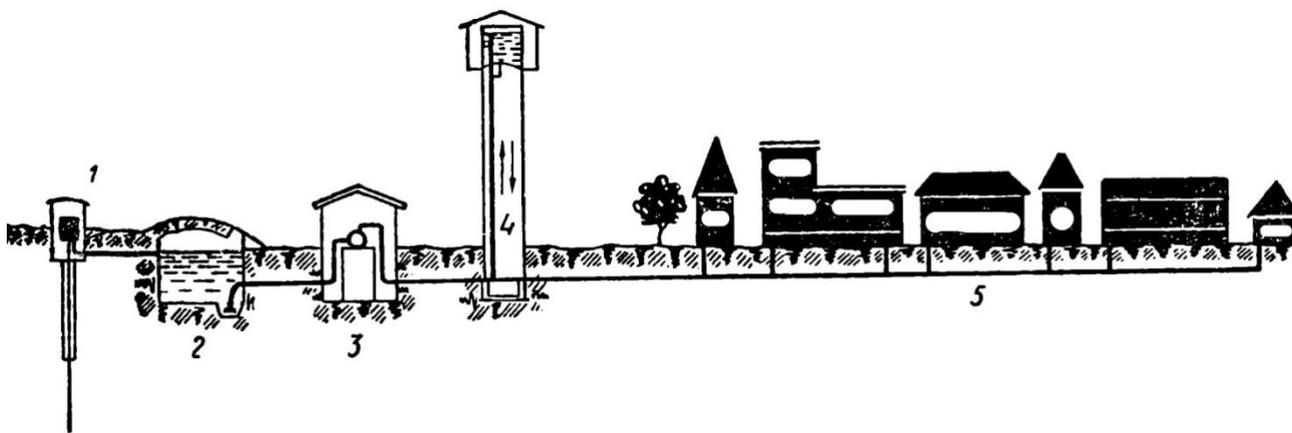
– При ссылке на источник после упоминания о нем в тексте проставляется в квадратных скобках номер, под которым он значится в списке использованных источников, например [5].

– Список использованных источников располагается по алфавиту или по мере использования в тексте.

Текстовая часть должна содержать расчет и развернутые пояснения к ним с обязательной ссылкой на требования действующих норм. Страницы, таблицы и рисунки в тексте должны быть пронумерованы, дается содержание записки и приводится список использованной литературы. При выполнении работы необходимо использование литературы [1, 2, 3].

Графическая часть курсовой работы выполняется на листах миллиметровой бумаги. В состав графической части должны входить:

- предварительные схемы для гидравлического расчета водопроводной сети на пропуск хозяйственно-питьевого и противопожарного расходов;
- схемы с результатами гидравлических расчетов водопроводной сети;
- схема бака водопроводной башни (размеры должны соответствовать расчету);
- таблица технических данных выбранных насосов.



1 – водозаборная скважина (трубчатый колодец) с насосной станцией первого подъема (НС-I); 2 – резервуар чистой воды (РЧВ); 3 – насосная станция второго подъема (НС-II); 4 – водонапорная башня (ВБ); 5 – водопроводная сеть

Рисунок 1 - Схема водопровода

Схемы должны содержать поясняющие надписи, расчетные данные, чтобы была возможность читать их, не прибегая к использованию пояснительной записки.

Характеристики населенного пункта приведены в таблице А.1. Выбор исходных величин из таблицы производится согласно номеру варианта на выполнение работы, который вычисляется суммированием трех последних цифр номера зачетной книжки студента.

Схема водоснабжения показана на рисунке 1.

Степень благоустройства жилых зданий населенного пункта - с водопроводом, канализацией и ванными с водонагревателями, работающими на газовом топливе. Месторасположение производственного предприятия показано на генплане населенного пункта штриховкой. Предприятие характеризуется равномерным в течение суток водопотреблением.

Отметку оси насосов (НС-II) принять на 15 м меньше максимальной отметки поверхности земли на генплане.

## **1 Краткая характеристика объекта**

Для расчета объединенного водопровода принимается вариант генплана населенного пункта, представленный на рисунке 2. Населенный пункт расположен на правом берегу реки, имеет прямоугольную вытянутую с севера на юг компактную форму. Общий уклон поверхности поселка направлен с востока на запад. Наименьшая отметка поверхности земли в пределах населенного пункта 83 м, наибольшая – 105 м.

Население поселка - 15,4 тыс. чел. В нем преобладает застройка высотой 2 этажа. Квартиры жилых зданий оборудованы водопроводом, канализацией и ванными с газовыми водонагревателями.

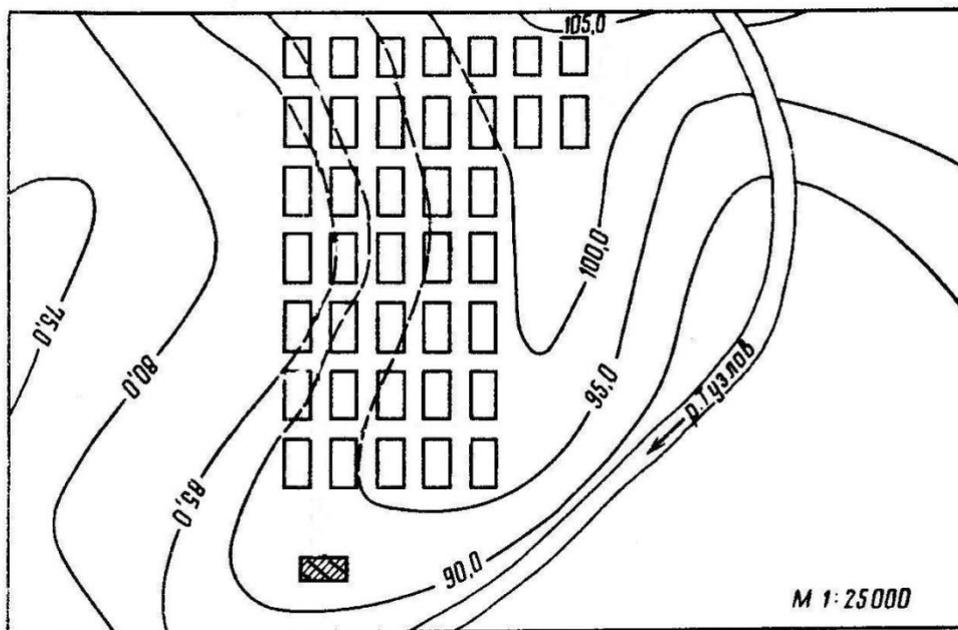


Рисунок 2 – Генплан населенного пункта

Водопровод одновременно должен обеспечить водой производственное предприятие, расположенное в южной части поселка, на территории площадью 30 га. Расчетный расход воды на предприятии в час максимального водопотребления составляет 14,7 л/с.

Наибольшую пожарную опасность на производственном предприятии представляет здание, которое характеризуется следующими величинами: объем здания 8,3 тыс. м<sup>3</sup>; категория помещения по пожарной опасности – В; степень огнестойкости – III.

Наружное пожаротушение в населенном пункте будет осуществляться от подземных пожарных гидрантов.

Расстояние от НС-II до населенного пункта 3500 м.

Система водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды относится ко II категории [1, п. 7.4] – допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более чем на 30 % расчетного расхода и на производственные нужды - до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать

10 сут. Перерыв в подаче воды или подача ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденных и включения резервных элементов или проведения ремонта, но не более чем на 6 ч.

## **2 Расчет хозяйственно-питьевого и производственного водопотребления**

### **2.1 Расчет среднесуточного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения**

Суточные расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды и коэффициент часовой неравномерности водопотребления для населённых мест зависят от степени благоустройства районов жилой застройки и определяются [1, п. 5.1, 5.2].

При застройке населённого пункта зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и местными водонагревателями, норма среднесуточная (за год) хозяйственно-питьевого водопотребления на одного жителя составит 160-230 л/сут. Для расчёта принимаем  $q_{ж} = 200$  л/сут.

Расчётный среднесуточный расход воды  $Q_{сут.м}$  на хозяйственно-питьевые нужды жителей населённого пункта составит:

$$Q_{сут.м}^{хп} = \frac{q_{ж}N_{ж}}{1000} = \frac{200 \times 15400}{1000} = 3080 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Согласно [1, табл. 1, прим. 3] количество воды на нужды местной промышленности и неучтённые расходы допускается принимать дополнительно в размере от 10 до 20 % от расхода на хозяйственно-питьевые нужды.

Суммарный среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения составит:

$$Q_{сут.м}^{хп} = 1,1 \times 3080 = 3388 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

## 2.2 Расчет максимального суточного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения в сутки наибольшего водопотребления:

$$Q_{сут.мах}^{хп} = K_{сут.мах} \times Q_{сут.т} = 1,3 \times 3388 = 4404 \text{ м}^3/\text{сут},$$

где:  $K_{сут.мах} = 1,1-1,3$  - коэффициент суточной неравномерности водопотребления [1, п. 5.2].

## 2.3 Расчет максимального часового расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды

Определяем коэффициент часовой неравномерности водопотребления населения  $K_{ч.мах}$ :

$$K_{ч.мах} = \alpha_{мах} \times \beta_{мах},$$

где:  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режима работы предприятий другие местные условия, согласно [1, п. 5.2]  $\alpha_{мах} = 1,2 - 1,4$ ;

$\beta$  - коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаются по [1, табл. 2].

По принятым значениям вычисляем:

$$K_{ч.мах} = 1,25 \times 1,2 = 1,5.$$

Максимальный часовой расход воды населения:

$$Q_{ч.мах}^{хп} = \frac{K_{ч.мах} \times Q_{сут.мах}}{24} = \frac{1,5 \times 4404}{24} = 275,3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

## 2.4 Расчет максимального секундного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды

Полагают, что в течение часа вода отбирается равномерно, тогда наибольший секунднй расход воды в поселке составит:

$$Q_{max}^{хп} = \frac{Q_{ч. max} \times 1000}{3600} = \frac{275,3 \times 1000}{3600} = 76,5 \text{ л/с.}$$

## 2.5 Определение секундного расхода воды на производственные нужды

Расход воды на производственном предприятии по заданию составляет  $Q^{пп} = 14,7 \text{ л/с.}$

## 2.6 Расчет максимальных секундного и часового расходов воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды

Таким образом, в час максимального водопотребления должен быть обеспечен максимальный расход:

$$Q_{max} = Q_{max}^{хп} + Q^{пп} = 76,5 + 14,7 = 91,2 \text{ л/с,}$$

данный расход является расчетным для водопроводной сети.

$$Q_{ч. max} = 3,6 Q_{max} = 328,32 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

## 2.7 Расчет суточного расхода воды на промышленном предприятии

Полагаем, что предприятие работает в три смены и потребление воды в течение суток равномерное. В этом случае суточное потребление воды предприятием:

$$Q_{сут}^{пп} = Q^{пп} \times 3600 \times 24 / 1000 = 14,7 \times 3,6 \times 24 = 1270 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

## 2.8 Расчет суточного расхода воды на полив

Суточные расходы на полив в населенном пункте при отсутствии данных по площадям полива определяем в соответствии с рекомендациями [1, табл. 3 прим. 1]:

$$Q^{\text{пол}} = \frac{q_{\text{пол}} N_{\text{ж}}}{1000} = \frac{70 \times 15400}{1000} = 1078 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Полив производится два раза в сутки - по три часа утром и вечером в часы, не совпадающие с часом максимального водопотребления.

## 2.9 Расчет максимального суточного расхода воды населенного пункта

Максимальный суточный расход населенного пункта:

$$Q_{\text{сут. max}} = Q_{\text{сут. max}}^{\text{хп}} + Q^{\text{пол}} + Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = 4404 + 1078 + 1270 = 6752 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

## 2.10 Расчет среднего часового суточного расхода воды населенного пункта

Средний часовой расход населенного пункта в сутки наибольшего водопотребления:

$$Q_{\text{ч. м}} = Q_{\text{сут. max}} / 24 = 6752 / 24 = 281,3 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления для населенного пункта:

$$K_{\text{ч}} = Q_{\text{ч. max}} / Q_{\text{ч. м}} = 328,32 / 281,3 = 1,17.$$

## 3 Расчет расхода воды на пожаротушение

### 3.1 Расчет расхода воды на пожаротушение в населенном пункте

Расчётный расход воды на наружное пожаротушение в населённом пункте определяется согласно [2, табл. 1] по численности населения и этажности застройки независимо от степени огнестойкости здания.

При застройке зданиями высотой до двух этажей и численности населения 15,4 тыс. человек расчётный расход воды на наружное пожаротушение на один пожар составит  $Q_{\text{нар}}^{\text{нп}} = 10$  л/с. Внутреннее пожаротушение для жилых зданий данной этажности согласно [3, табл. 1] - не предусматривается.

Расход воды на пожаротушение в населенном пункте:

$$Q_{\text{пож}}^{\text{нп}} = n_{\text{пож}} Q_{\text{нар}}^{\text{нп}} + n_{\text{ств}} Q_{\text{вн}}^{\text{нп}} = 2 \times 10 + 0 = 20 \text{ л/с.}$$

### 3.2 Расчет расхода воды на пожаротушение на предприятии

Расчётный расход воды на наружное пожаротушение на производственном предприятии определяется по степени огнестойкости, категории помещений по пожарной опасности и объёму этого здания, для тушения пожара в котором требуется наибольший расход.

По заданию наибольшую пожарную опасность представляет здание III степени огнестойкости с категорией помещений по пожарной опасности производства В объёмом 8,3 тыс. м<sup>3</sup>.

Расчётный расход воды на наружное пожаротушение через гидранты согласно [2, табл. 3] составит  $Q_{\text{нар}}^{\text{пр}} = 20$  л/с.

Кроме того, при пожаре на производственном предприятии тушение будет осуществляться от пожарных кранов. Согласно [3, табл. 2] для внутреннего пожаротушения должна быть обеспечена одновременная работа двух струй производительностью по 5 л/с каждая.

Расход воды на пожаротушение на производственном объекте:

$$Q_{\text{пож}}^{\text{пр}} = n_{\text{пож}} Q_{\text{нар}}^{\text{пр}} + n_{\text{ств}} Q_{\text{вн}}^{\text{пр}} = 1 \times 20 + 2 \times 5 = 30 \text{ л/с.}$$

### 3.3 Расчет расхода воды на пожаротушение

Согласно [2, п. 6.2] при площади территории производственного предприятия до 150 га, числе жителей в населённом пункте от 10 до 25 тыс.

человек принимаем два пожара (один на предприятии и один в населённом пункте).

Общий расчетный пожарный расход:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{нп}} + Q_{\text{пож}}^{\text{пр}} = 10 + 30 = 40 \text{ л/с.}$$

Хранение противопожарных запасов воды предусматриваем в резервуарах чистой воды.

#### **4 Гидравлический расчёт водопроводной сети**

Основной задачей расчёта проектируемого наружного водопровода является обеспечение подачи воды к каждому зданию в необходимом количестве и под соответствующим напором при наименьших затратах на строительство и эксплуатацию. Гидравлический расчёт водопровода необходим для выбора диаметра труб, определения потери напора в водопроводной сети, для определения высоты водонапорной башни и подбора насосов.

##### **4.1 Проектирование водопроводной сети**

Необходимо вычертить план заданного населенного пункта (см. рис. 2).

Принимаем схему питания сети через водонапорную башню. Башню располагаем на наиболее высокой отметке (102,0 м) поверхности земли на северо-восточной окраине поселка. Водопроводную сеть проектируем из двух колец [1, п. 11.5], тупика и водовода в соответствии с рисунком 3.

Водопроводную сеть разбиваем на расчётные участки, в пределах которых расход воды постоянный, или плавно изменяется. Начальные и конечные точки каждого расчетного участка называют узлами и обозначают номерами (см. рисунок 4). Узлы назначаются в местах сосредоточенных расходов, в точках разветвления линий, в конце тупиков.

Определяем длины расчётных участков  $l_{ij}$ , используя масштаб генплана. Результаты представлены в таблице 1. В таблице в графе «Примечание» буквой «П» отмечены участки, на которых происходит путевая раздача воды, а буквой «Т» - участки с транзитным расходом.

Таблица 1 - Длина участков водопроводной сети

Участок сети	0-1	1-2	2-3	1-4	2-5	3-6	4-5	5-6	6-7
Длина, м	500	500	750	500	500	500	500	750	450
Примечание	П	П	П	П	П	П	П	П	Т

Для бесперебойной подачи воды в сеть участок от башни до кольца, проектируем в две нитки. Допускаемая длина тупиковой линии не более 200 м [1, п. 11.5]. В противном случае в конке тупика устраивают противопожарный резервуар или сеть прокладывают в две нитки – если перерыв в подаче воды потребителю на время ликвидации аварии не допускается. Схема водопроводной сети представлена на рисунке 4.

#### 4.2 Подготовка к гидравлическому расчёту

В расчетах принимается упрощенная схема водоразбора, в которой допускается, что часть воды, поступающей в сеть, забирают в определенных узлах крупные потребители (сосредоточенные расходы), а остальная расходуется равномерно по длине сети (путевой расход).

Сосредоточенным потребителем в нашем случае является промышленное предприятие. Расход воды на предприятии 14,7 л/с в узле 7.

Путевым расходом является хозяйственно-питьевой расход населения  $Q_{\text{пут}} = Q_{\text{хп}} = 76,5$  л/с.

Определяем удельный расход воды для рассчитываемой сети:

$$q = Q_{\text{пут}} / \sum l = 76,5 / 4500 = 0,017 \text{ л/(с} \times \text{м)},$$

где  $\sum l$  – длины участков, вдоль которых имеет место распределенный расход воды (путевой расход)

$$\sum l = l_{01} + l_{12} + l_{23} + l_{14} + l_{25} + l_{36} + l_{45} + l_{56} = 500 + 500 + 750 + 500 + 500 + 500 + 750 = 4500 \text{ м.}$$

На участке 6 -7 путевой отбор отсутствует.

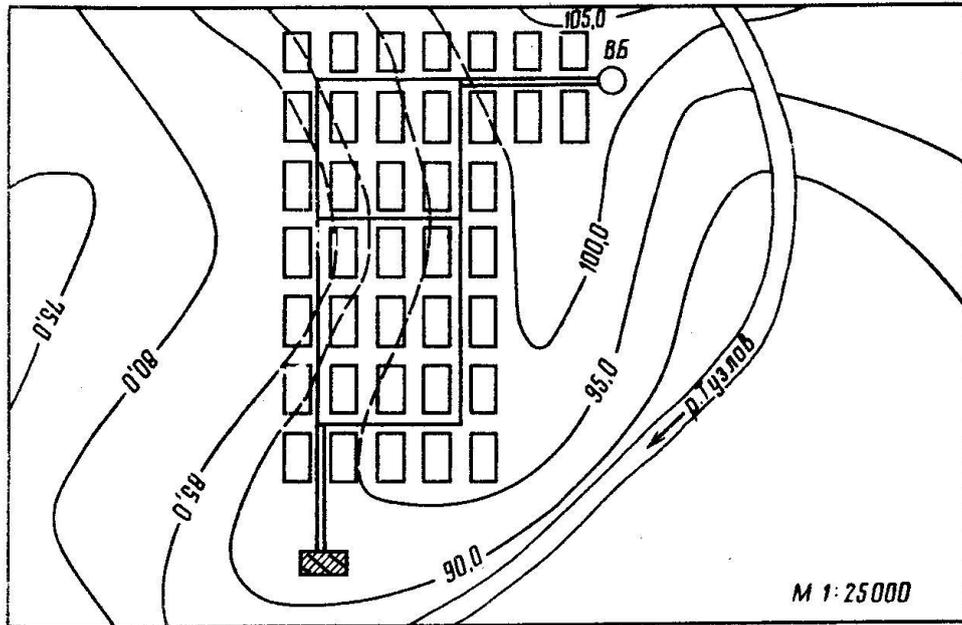


Рисунок 3 – Схема водопроводной сети

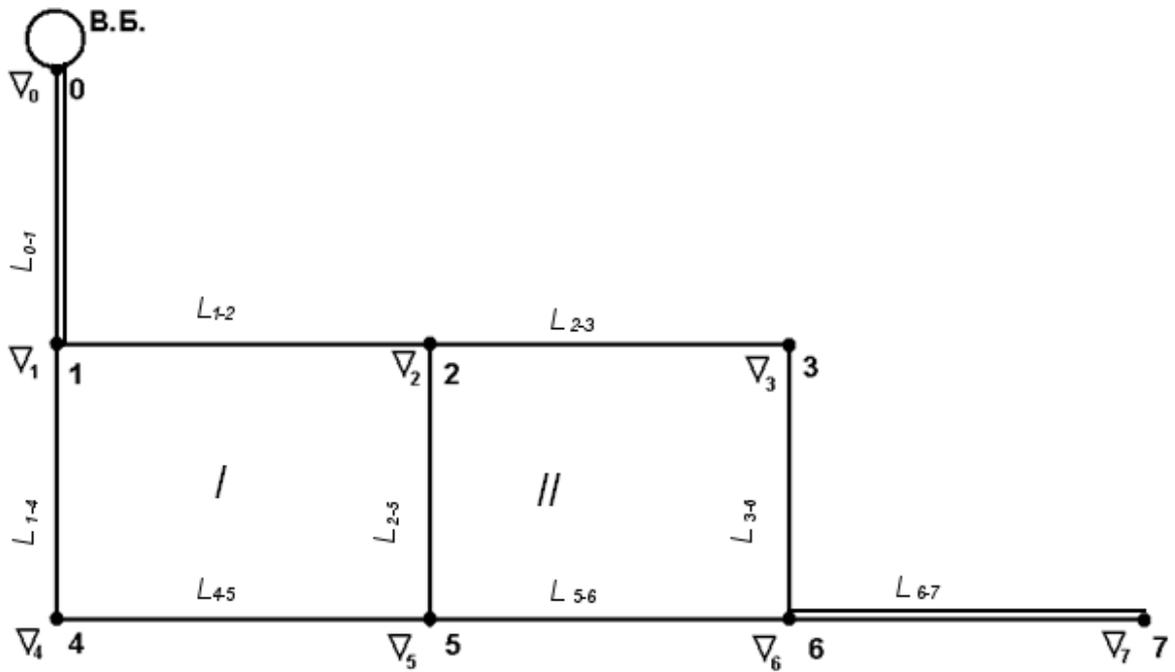


Рисунок 4 – Схема распределительной сети с двумя кольцами и тупиковой линией

Путевые расходы по участкам сети определяются по формуле:

$$Q_{ij} = q \times l_{ij}.$$

Согласно методу узловых расходов путевые расходы на каждом участке превращаем в узловые расходы, отнеся половину путевого расхода на начало участка, а половину на конец участка. Далее суммируем все расходы в узлах и получаем схему сети, имеющую только узловые отборы. В узле, в котором расположено производственное предприятие, необходимо учесть его сосредоточенный расход. Расчет выполняется в табличной форме (таблица 2).

Узловые расходы необходимо показать на схеме в соответствии с рисунком 5.

Из анализа схемы водопроводной сети можно сделать вывод о том, что в наиболее трудных условиях будет работать узел 7 (отметка поверхности земли 92 м). Этот узел наиболее удален от ввода в сеть и в узле значительный расход воды. Предполагаем, что узел 7 - диктующая точка сети.

Из точки ввода (узел 0) в диктующую точку 7 вода может поступать по трем наиболее вероятным направлениям, а именно:

- a) 0 – 1 – 2 – 3 – 6 – 7
- b) 0 – 1 – 2 – 5 – 6 – 7
- c) 0 – 1 – 4 – 5 – 6 – 7

Эти направления по схеме обозначаем стрелками движения воды.

Производим предварительное распределение расчетных расходов в сети, начиная с диктующей точки. При этом соблюдаем следующее условие: приток воды к узлу равен оттоку из него плюс сосредоточенный расход воды в данном узле. Оформляется расчётная схема, представленная на рисунке 5.

После определения первых прикидочных расходов по участкам сети выбираем материал труб в соответствии с положением [1, п. 11.20]. Принимаем полиэтиленовые трубы ПЭ100 на максимальное давление 1,0 МПа.

Таблица 2 – Вычисление путевых и узловых расходов

Узел	Участок сети, примыкающей к узлу	Длина $l_{ij}$ , м	Путевой расход $Q_{ij}$ , л/с	Узловой расход $Q$ , л/с	Крупный потребитель		Полный узловой расход $Q_{уз}$ , л/с
					Наименование	Расход $Q$ , л/с	
0	0-1	500	8,5	4,25	-	-	4,25
1	0-1	500	8,5	12,75	-	-	12,75
	1-2	500	8,5				
	1-4	500	8,5				
2	1-2	500	8,5	14,87	-	-	14,87
	2-3	750	12,75				
	2-5	500	8,5				
3	2-3	750	12,75	10,62	-	-	10,62
	3-6	500	8,5				
4	1-4	500	8,5	8,50	-	-	8,50
	4-5	500	8,5				
5	2-5	500	8,5	14,88	-	-	14,88
	4-5	500	8,5				
	5-6	750	12,75				
6	3-6	500	8,5	10,63	-	-	10,63
	5-6	750	12,75				
7	6-7	-	-	-	Промпредприятие	14,7	14,70
Всего		9000					91,2

Проверки:  $\Sigma l_{ij} = 2\Sigma l = 9000$  м;  $\Sigma Q_{уз} = Q_{max} = 91,2$  л/с.

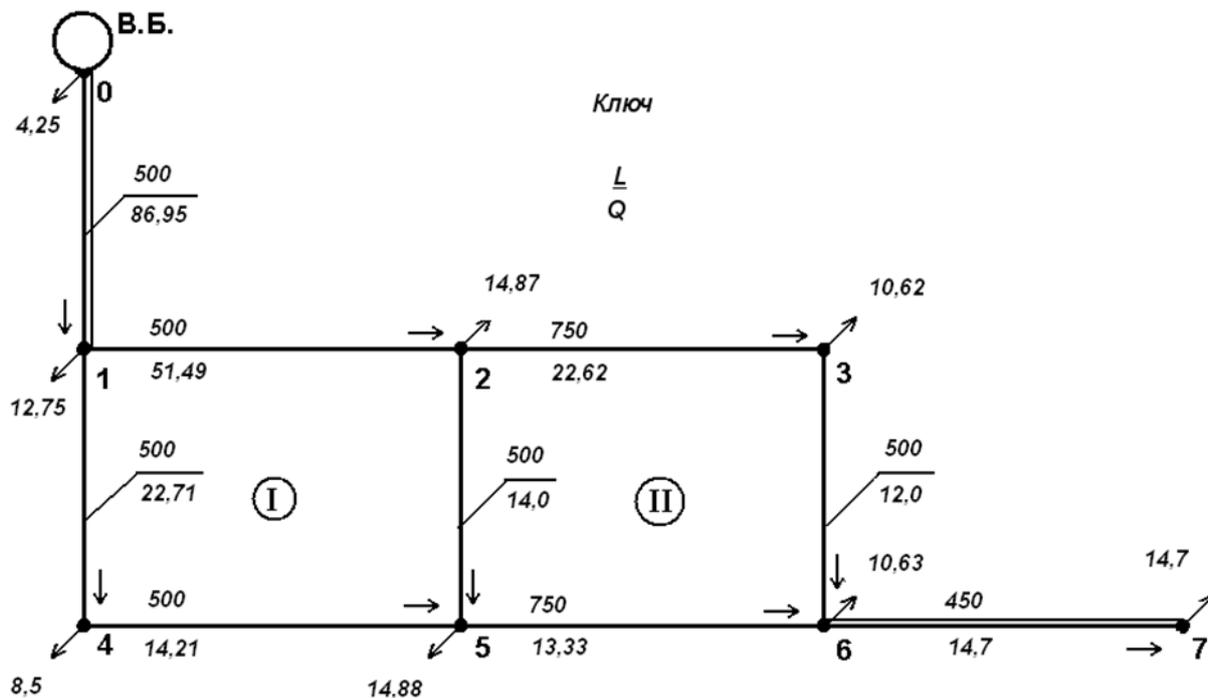


Рисунок 5 – Предварительная схема для расчёта на пропуск максимального хозяйственно-питьевого расхода

#### 4.3 Расчет сети на пропуск максимального хозяйственно-питьевого расхода воды

Гидравлический расчет кольцевой сети на пропуск максимального хозяйственно-питьевого и производственного расходов проводим по методу А.Г. Лобачева табличным способом (таблица 3).

Во избежание ошибок необходимо строго руководствоваться следующими правилами:

Заполнение таблицы для обоих колец проводят одновременно.

Заполнить графы 1 – 4, используя результаты проектирования распределительной сети и данные предварительного распределения потоков по направлениям.

С помощью номограммы для гидравлического расчета пластмассовых труб (рисунок Б.1), таблицы Б.1 или по таблицам для гидравлического расчёта водопроводных труб [4] заполняются графы 5 и 6. Диаметр труб подбирается

по расходу воды, руководствуясь значением скорости движения воды в них - от 0,7 до 1,0 м/с. Необходимо использовать нижние границы скоростей порядка 0,7 м/с. Для объединенного противопожарного водопровода в населенных пунктах и на промышленных предприятиях применяются трубы стандартного диаметра от 100 мм и более, в сельских населенных пунктах — не менее 75 мм [2, п. 8.10].

Вычислить графы 7 - 9. Сопротивление участка определяют по формуле  $S = A \times l$ ; вычисляют произведение  $S \times Q$  для каждого участка и сумму этих величин для каждого кольца  $\Sigma SQ$ . Рассчитывают потери напора для каждого участка по формуле  $h = S \times Q^2$  и заносят в графу 9.

Определить невязку колец  $\Delta h$  как сумму величин потерь напора в кольце с учетом принятых знаков. Потери напора условно будем брать со знаком плюс на тех участках сети, где направление потока совпадает с направлением движения часовой стрелки, и со знаком минус, где движение потока направлено против часовой стрелки. Если она окажется по абсолютной величине больше 0,5 м, сеть считается не увязанной и необходимо ее выполнить.

Для этого необходимо вычислить поправочный расход  $\Delta q = \Delta h / (2 \times \Sigma SQ)$  и занести поправочный расход в графу 10, определить его знак. Для определения знака поправочного расхода необходимо использовать знак невязки и знак потери напора на участках кольца. Так, например, в первом кольце невязка с «плюсом». Это значит, что на участках, имеющих положительные потери напора, поправочный расход нужно вносить с «минусом», чтобы уменьшить сумму положительных потерь напора в кольце, а на участках с отрицательными потерями напора – с «плюсом», чтобы увеличить сумму отрицательных потерь напора. Общий участок имеет две поправки. Знаки поправок определяются по тому кольцу, для которого они вычислены (см. в таблице участок 2 – 5). В графе 11 исправленный расход определяется как алгебраическая сумма значений графы 4 и графы 10.

Таблица 3 – Гидравлический расчет кольцевой сети на пропуск максимального хозяйственно-питьевого расхода воды

Номер кольца	Участок	Длина участка, м	Начальный расчётный расход, л/с	Диаметр труб, мм	Удельное сопротивление трубы $\lambda$ , $с/л^2$	Сопротивление участка $\Sigma S$	$S \times Q$	Потеря напора на участке $h$ , м	Первое исправление			Второе исправление			Скорость в трубе $v$ , м/с
									Поправочный расход $\Delta q$ , л/с	Исправленный расход на участке $Q$ , л/с	Потеря напора на участке $h$ , м	Поправочный расход $\Delta q$ , л/с	Исправленный расход на участке $Q$ , л/с	Потеря напора на участке $h$ , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	1-2	500	51,49	315	$0,8995 \times 10^{-6}$	0,00045	0,02	1,92	-0,81	50,68	1,16	1,34	52,02	1,22	0,86
	2-5	500	14,00	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,008385	0,12	1,64	-0,81-0,68 = -1,49	12,51	1,31	1,34+0,17 = 1,51	14,02	1,65	0,71
	1-4	500	22,71	225	$5,231 \times 10^{-6}$	0,0026	0,06	-1,35	0,81	23,52	-1,44	-1,34	21,86	-1,24	0,71
	4-5	500	14,21	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,008385	0,12	-1,69	0,81	15,02	-1,89	-1,34	13,68	-1,57	0,69
$\Sigma S Q = 0,32, \Delta h_I = 0,52$ м									$\Delta q'_I = 0,81$ л/с, $\Delta h'_I = -0,86$ м			$\Delta q'' = -1,34$ л/с, $\Delta h''_I = 0,06$ м			
II	2-3	750	22,62	225	$5,231 \times 10^{-6}$	0,00392	0,09	2,01	0,68	23,30	2,13	-0,17	23,13	2,10	0,74
	3-6	500	12,00	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,008385	0,10	1,21	0,68	12,68	1,35	-0,17	12,51	1,31	0,63
	2-5	500	14,00	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,008385	0,12	-1,64	-0,68-0,81 = -1,49	12,51	-1,31	0,17+1,34 = 1,51	14,02	-1,65	0,71
	5-6	750	13,33	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,01258	0,17	-2,23	-0,68	12,65	-2,01	0,17	12,82	-2,07	0,65
$\Sigma S Q = 0,48, \Delta h_{II} = -0,65$ м									$\Delta q'_{II} = -0,68$ л/с, $\Delta h'_{II} = 0,16$ м			$\Delta q''_{II} = 0,17$ л/с, $\Delta h''_{II} = -0,31$ м			

Графа 12 рассчитывается по аналогии с графой 9.

Если после первого исправления желаемый результат не получен, необходимо выполнить последующие исправления до получения невязки в обоих кольцах меньше 0,5 м – графы 13-15.

В графе 16 скорость течения воды в трубе определяется по увязанному расходу с помощью таблиц [4].

После увязки колец подбираем диаметры водоводов и тупиковых участков и определяем потери напора для каждой нитки.

Расходы воды каждой нитки:

$$Q_{0-1} = (Q_{\text{рас}} - Q_0)/2 = (91,2 - 4,25)/2 = 43,5 \text{ л/с};$$

$$Q_{6-7} = 14,7/2 = 7,3 \text{ л/с}.$$

При отключении одной нитки (в случае аварии) расчетные расходы на хозяйственно-питьевые нужды снижаем на 30 % расчетного расхода, а на производственные нужды - по аварийному графику. Условно принимаем снижение подач на производственные нужды также на 30 %:

$$Q_{0-1} = 0,7 \times 86,95 = 60,9 \text{ л/с}$$

$$Q_{6-7} = 0,7 \times 14,7 = 10,3 \text{ л/с}.$$

Расчеты представлены в таблице 4.

Вычисленные величины заносятся на схему с результатами гидравлического расчета на пропуск максимального хозяйственно-питьевого расхода, представленную на рисунке 6. На рисунке расчетные данные аварийного режима работы тупиковых участков сети даны в скобках.

Далее определяются потери напора в сети по принятым направлениям питания диктующей точки:

$$h_a = h_{0-1} + h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-6} + h_{6-7} = 1,7 + 1,22 + 2,1 + 1,31 + 0,5 = 6,83 \text{ м};$$

$$h_b = h_{0-1} + h_{1-2} + h_{2-5} + h_{5-6} + h_{6-7} = 1,7 + 1,22 + 1,65 + 2,07 + 0,5 = 7,14 \text{ м};$$

$$h_c = h_{0-1} + h_{1-4} + h_{4-5} + h_{5-6} + h_{6-7} = 1,7 + 1,24 + 1,57 + 2,07 + 0,5 = 7,08 \text{ м}.$$

Определяются средние потери напора:

$$h_{\text{сети}} = (h_a + h_b + h_c)/3 = (6,83 + 7,14 + 7,08)/3 = 7,02 \text{ м}.$$

Таблица 4 – Гидравлический расчет водоводов и тупиковых линий

Участок	Длина участка, м	Число работающих ниток	Расход каждой нитки водовода, л/с	Диаметр труб, мм	Скорость в трубе, м/с	Потеря напора на участке $h$ , м
0-1	500	2	43,5	315	0,73	0,9
6-7	450	2	7,3	180	0,37	0,5
0-1	500	1	60,9	315	1,0	1,7
6-7	450	1	10,3	180	0,52	0,92

4.4 Гидравлический расчет водопроводной сети на пропуск расхода на пожаротушение (в час максимального водопотребления)

Для рассматриваемого примера общий расход воды во время пожара:

$$Q = Q_{max} + Q_{пож} = 91,2 + 40 = 131,2 \text{ л/с.}$$

Диаметры труб участков сети, определенные ранее, должны быть проверены на пропуск по ним увеличенных расходов во время пожара. При этом скорость движения воды по трубам не должна превышать 1,75 м/с. Соответственно увеличатся и потери напора в водопроводной сети.

На расчетной схеме намечаем места одновременных пожаров:

узел 7 – 30 л/с на наружное и внутреннее тушение на производственном предприятии;

узел 6 – 10 л/с на тушение от гидрантов одного расчетного пожара в поселке.

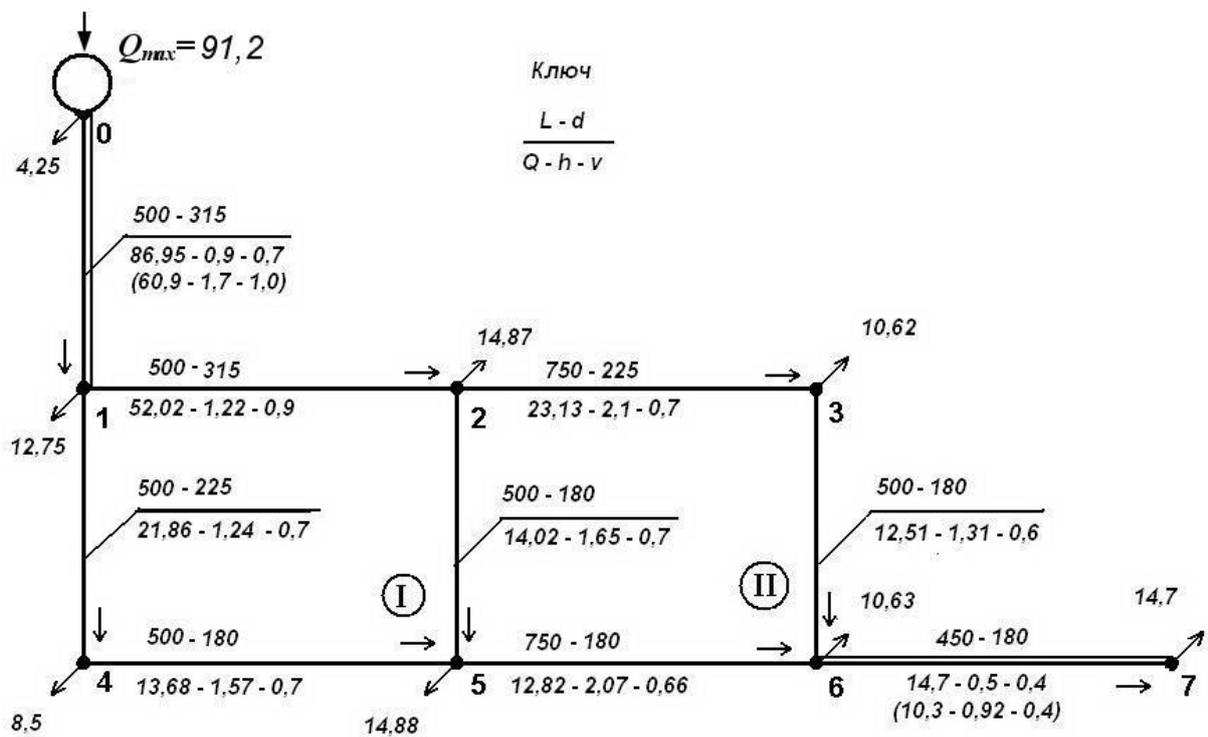


Рисунок 6 – Результаты расчета на пропуск максимального расхода

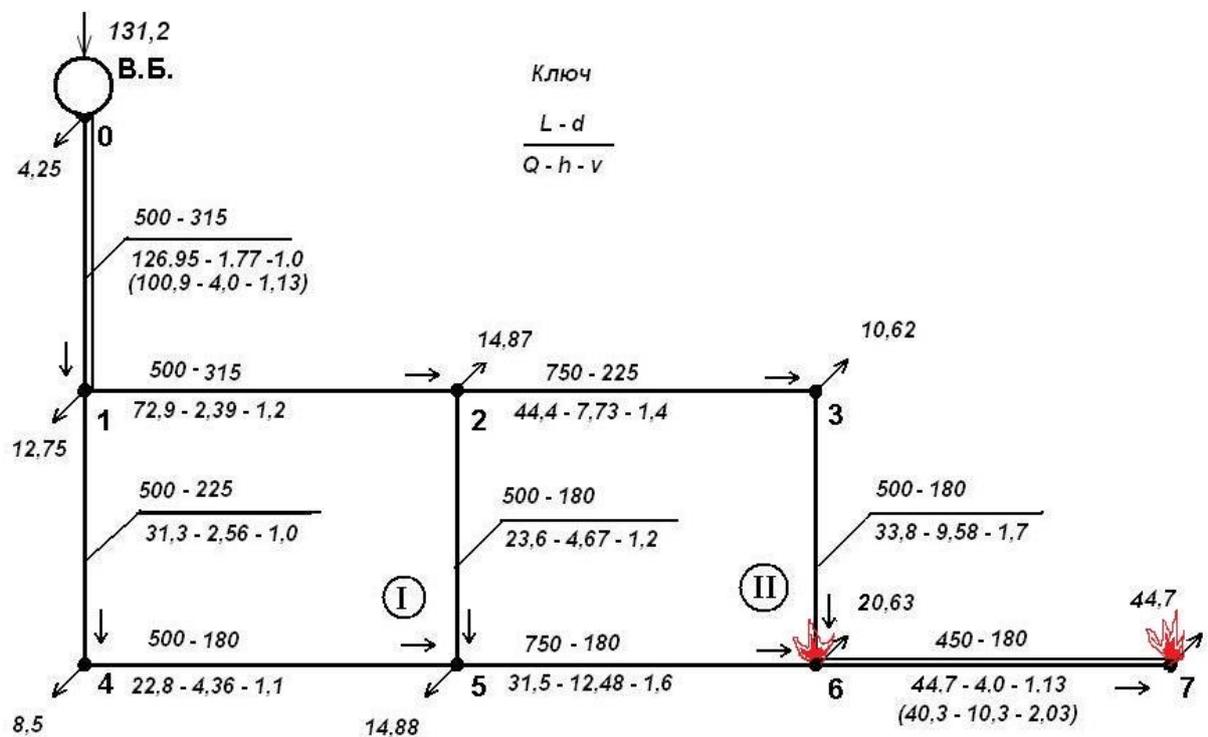


Рисунок 7 – Результаты расчета на пропуск пожарного расхода в час максимального водопотребления

Таблица 5 – Гидравлический расчет кольцевой сети на пропуск пожарного расхода в час максимального водопотребления

Номер кольца	Наименование участка	Длина участка, м	Начальный расчётный расход, л/с	Диаметр труб, мм	Удельное сопротивление трубы $\lambda$ , $\frac{с/л^2}{м^5}$	Сопротивление участка $\Delta h$	$S \times Q$	Потеря напора на участке $h$ , м	Скорость в трубе $v$ , м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	1-2	500	72,9	315	$0,8995 \times 10^{-6}$	0,00045	0,033	2,39	1,2
	2-5	500	23,6	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,008385	0,2	4,67	1,2
	1-4	500	31,3	225	$5,231 \times 10^{-6}$	0,0026	0,08	-2,56	1,0
	4-5	500	22,8	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,008385	0,19	-4,36	1,1
$\Sigma S Q = 0,50, \Delta h_I = 0,14 \text{ м}$									
II	2-3	750	44,4	225	$5,231 \times 10^{-6}$	0,00392	0,17	7,73	1,4
	3-6	500	33,8	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,008385	0,28	9,58	1,7
	2-5	500	23,6	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,008385	0,2	-4,67	1,2
	5-6	750	31,5	180	$16,77 \times 10^{-6}$	0,01258	0,4	-12,48	1,6
$\Sigma S Q = 1,05, \Delta h_{II} = 0,16 \text{ м}$									

Таблица 6 – Гидравлический расчет водоводов и тупиковых участков

Наименование участка	Длина участка, м	Число работающих ниток	Расход каждой нитки водовода, л/с	Диаметр труб, мм	Скорость в трубе, м/с	Потеря напора на участке $h$ , м
0-1	500	2	63,5	315	1,04	1,77
6-7	450	2	22,3	180	1,13	4,0
0-1	500	1	100,9	315	1,66	4,0
6-7	450	1	40,3	180	2,03	10,3

С учетом изменений, внесенных в схему, производится распределение расходов по потокам с соблюдением баланса в узлах. После чего составляется расчетная схема и таблица гидравлического расчета (таблица 5). Проверочный расчет ведется в том же порядке, что и основной. В таблицах 5, 6 и на рис. 7 приводятся результаты, полученные расчетом по специальным компьютерным программам [7].

Вывод: Запроектированная водопроводная сеть обеспечит пропуск необходимых расходов воды для целей пожаротушения. Скорость движения воды на наиболее нагруженном участке 3- 6  $V = 1,7$  м/с меньше  $V_{доп} = 1,75$  м/с, что удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Потери напора в сети по направлениям составят:

$$h_a = h_{0-1} + h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-6} + h_{6-7} = 1,77 + 2,39 + 7,73 + 9,58 + 10,3 = 31,77 \text{ м};$$

$$h_b = h_{0-1} + h_{1-2} + h_{2-5} + h_{5-6} + h_{6-7} = 1,77 + 2,39 + 4,67 + 12,48 + 10,3 = 31,61 \text{ м};$$

$$h_c = h_{0-1} + h_{1-4} + h_{4-5} + h_{5-6} + h_{6-7} = 1,77 + 2,56 + 4,36 + 12,48 + 10,3 = 31,47 \text{ м}.$$

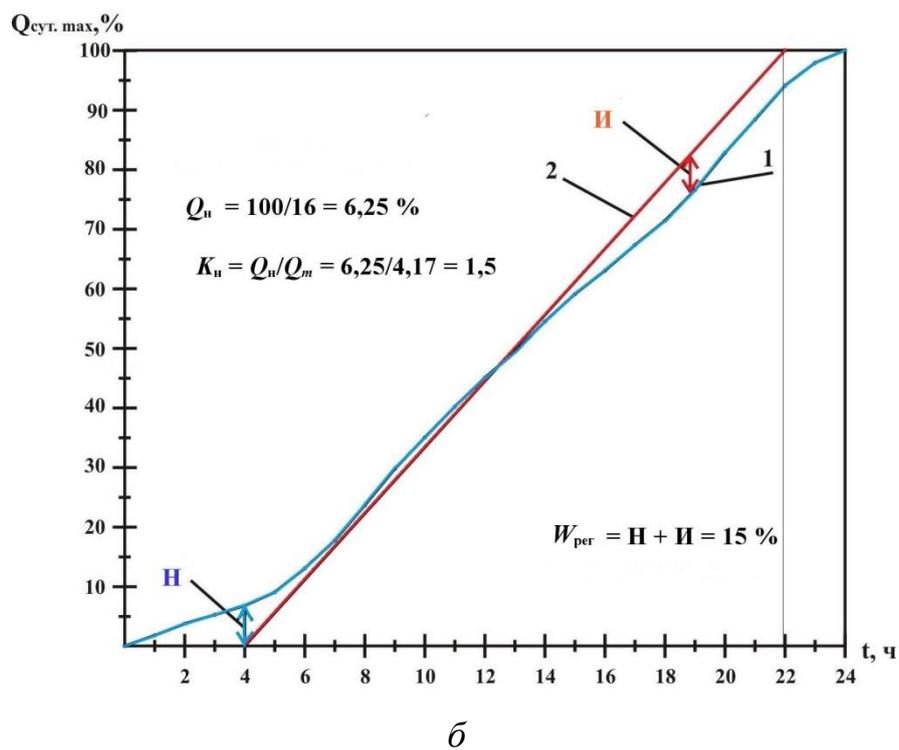
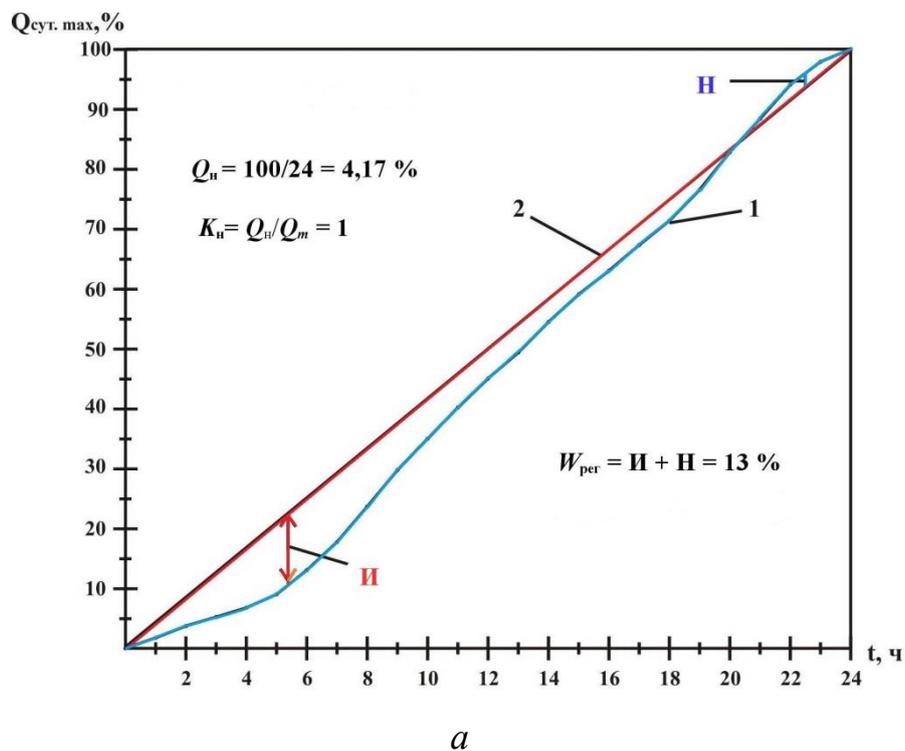
$$\text{Средние потери напора: } h_{\text{сети}} = (h_a + h_b + h_c) / 3 = 31,62 \text{ м}.$$

## 5 Выбор режима работы насосных станций

В большинстве случаев используются следующие режимы работы насосных станций (рис. 8 и 9):

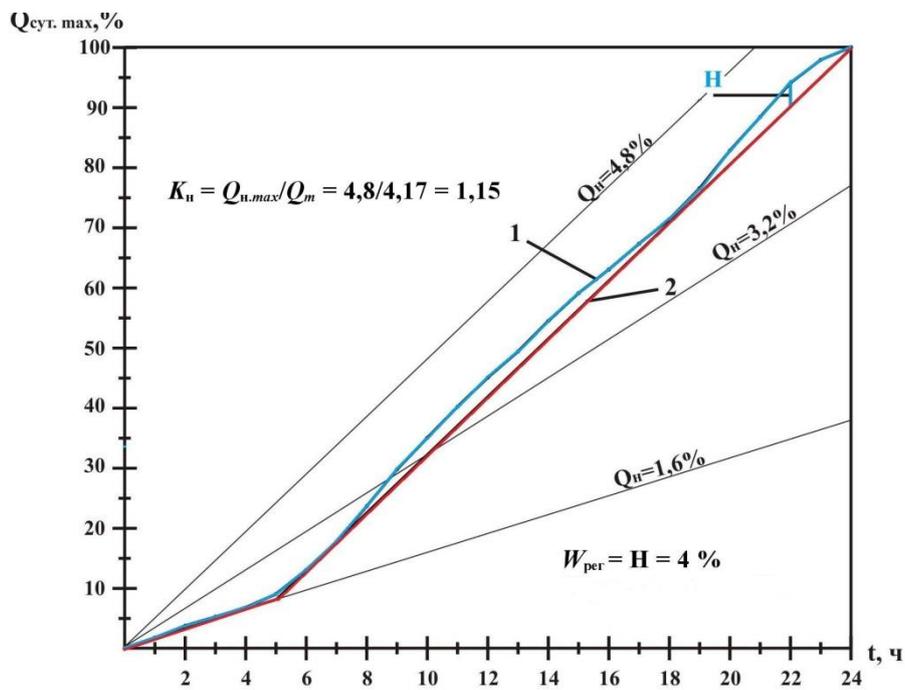
- равномерный в течение суток;
- равномерный в течение части суток (работа в одну или две смены);
- круглосуточный неравномерный в течение суток (ступенчатый);
- равномерный периодический (повторно-кратковременный).

При любом режиме работы подача насосов должна обеспечить полностью (100 %) потребление воды.

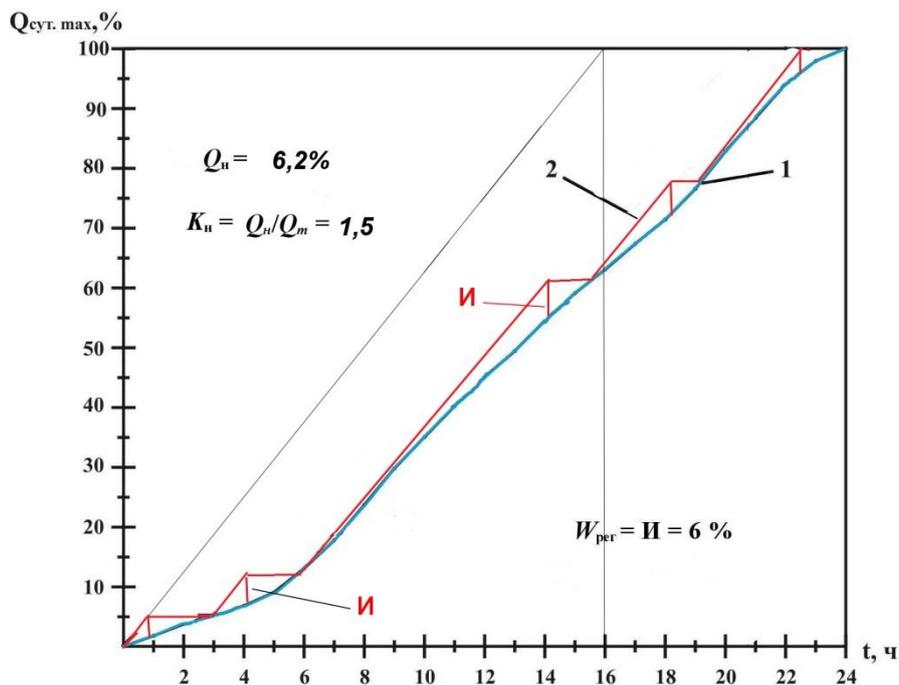


1 – интегральный график водопотребления населенного пункта;  
 2 – интегральный график подачи насосной станции при режимах работы: *a* – равномерный в течение суток; *б* – равномерный в течение части суток (16 ч);

Рисунок 8 – Интегральные графики водопотребления и водоподачи



*a*



*б*

1 – интегральный график водопотребления населенного пункта;  
 2 – интегральный график подачи насосной станции при режимах работы: *a* – круглосуточный неравномерный в течение суток; *б* – равномерный периодический

Рисунок 9 – Интегральные графики водопотребления и водоподачи

Выбранному режиму работы НС должен соответствовать минимум затрат на строительство и эксплуатацию, что может иметь место при сочетании минимального регулирующего объема с наименьшим количеством включений насосных агрегатов.

Первый режим рекомендуется:

– при использовании поверхностных источников воды и равномерном режиме работы водопроводных очистных сооружений;

– при использовании подземных вод и применении схем водоснабжения с двумя подъемами воды;

– при ограниченном расходе подземных вод.

Второй режим рекомендуется для небольших объектов водоснабжения.

Третий режим является одним из самых распространенных режимов работы НС-II и реализуется на практике в виде двух, реже трехступенчатого режима работы НС.

Последний из перечисленных режимов обеспечивает наименьший объем водонапорной башни и позволяет автоматизировать работу насосов наиболее простыми средствами. Однако частое включение и выключение насосов усложняет эксплуатацию насосной станции.

Насосная станция первого подъема совмещена со скважиной.

Для насосной станции первого подъема (НС-I) режим работы назначаем равномерным в течение суток.

$$Q_{н.с.1} = Q_{ч.м} = 281,3 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $Q_{ч.м}$  – средний часовой расход населенного пункта в сутки наибольшего водопотребления.

Рекомендуется принять двухступенчатый режим работы НС-II. Для обеспечения данного режима необходимо стремиться к оптимальному соотношению максимальной и минимальной подач  $Q_{н.маx}/Q_{н.миn} = 1,5 ; 2,0$  или  $3,0$ .

## 6 Расчет размеров водонапорной башни

Водонапорные башни предназначаются для регулирования неравномерности водопотребления, хранения неприкосновенного противопожарного запаса воды и создания требуемого напора в водопроводной сети.

### 6.1 Расчет регулирующего объема ВБ

Регулирующий объем в баке может определяться следующими методами: графическим (на основании совмещенных интегральных графиков - рисунки 8 и 9), табличным, а при отсутствии графиков по формуле (СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения):

$$V_{\text{рег}} = Q_{\text{сут.мах}} [1 - K_{\text{н}} + (K_{\text{ч}} - 1) \times \left(\frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{ч}}}\right)^{\frac{K_{\text{ч}}}{K_{\text{ч}} - 1}}],$$

где  $Q_{\text{сут.мах}}$  – максимальный суточный расход, м<sup>3</sup>/с;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент часовой неравномерности подачи воды (отношение максимальной часовой подачи к среднему часовому расходу);

$K_{\text{ч}}$  – коэффициент часовой неравномерности отбора воды (отношение максимального часового отбора к среднему часовому расходу).

Проанализируем изменение регулирующего объема при различных режимах работы НС-II.

Вычислим по формуле регулирующий объем воды для *первого* режима – при равномерном в течение суток режиме работы НС. В этом случае  $K_{\text{н}} = 1,0$  и  $K_{\text{ч}} = 1,17$ :

$$V_{\text{регI}} = 6752 \times [1 - 1,0 + (1,17 - 1) \left(\frac{1,0}{1,17}\right)^{\frac{1,17}{1,17 - 1}}] = 6752 \times [0 + 0,17 \times 0,855^{6,88}] = 6752 \times 0,058 = 392 \text{ м}^3.$$

По таблице Б.2 рассчитаем регулирующий объем для *второго* режима. При  $K_{\text{н}} = 1,1$  и  $K_{\text{ч}} = 1,17 \approx 1,2$  регулирующий объем составит 7,5 % от  $Q_{\text{сут.мах}}$ , т. е.  $V_{\text{регII}} = Q_{\text{сут.мах}} \times 0,075 = 6752 \times 0,075 = 506 \text{ м}^3$ . При этом подача насоса составит  $Q_{\text{н}} = K_{\text{н}} \times Q_{\text{н.м}} = 1,1 \times 4,17 = 4,58 \%$ , продолжительность подачи  $T = 100/4,58 = 21,8 \text{ ч}$ .

В *третьем* режиме принимаем максимальную подачу насосов близкой к максимальному часовому потреблению, т.е.  $K_n = (0,85 \dots 0,90)K_q$ . Принимая  $K_n = 0,9 \times K_q = 0,9 \times 1,17 = 1,05$  вычислим по формуле регулирующий объем воды в водонапорной башне:

$$V_{\text{регIII}} = 6752 \times [1 - 1,05 + (1,17 - 1) \left( \frac{1,05}{1,17} \right)^{\frac{1,17}{1,17 - 1}}] = 6752 \times [-0,05 + 0,17 \times 0,9^{6,88}] = 6752 \times 0,032 = 218 \text{ м}^3.$$

В этом случае максимальная подача насосов:

$$Q_{n,\text{max}} = 1,05 Q_{n,m} = 1,05 \times 4,17 = 4,4 \%,$$

минимальная подача составит:

$$Q_{n,\text{min}} = 0,9125 Q_{n,m} = 0,9125 \times 4,17 = 3,8 \%.$$

Продолжительность работы в режиме минимальной подачи:

$$T_{\text{min}} = (24 Q_{n,\text{max}} - 100) / (Q_{n,\text{max}} - Q_{n,\text{min}}) = (24 \times 4,4 - 100) / (4,4 - 3,8) = 5,6 / 0,6 = 9,33 \approx 9 \text{ ч.}$$

Продолжительность работы в режиме максимальной подачи:

$$T_{\text{max}} = 24 - T_{\text{min}} = 24 - 9 = 15 \text{ ч.}$$

По таблице Б.2 рассчитаем регулирующий объем для *четвертого* режима. Принимаем  $K_n = 1,1$  и  $K_q \approx 1,2$ . Объем регулирования в этом случае составит 1,9 % расхода за сутки максимального водопотребления:

$$V_{\text{регIV}} = 6752 \times 0,019 = 128,3 \text{ м}^3.$$

К проектированию принимаем третий вариант с величиной объема регулирования  $V_{\text{рег}} = 218 \text{ м}^3$ .

## 6.2 Расчет неприкосновенного противопожарного запаса воды в ВБ

В баке водонапорной башни должен храниться противопожарный запас воды, рассчитанный, согласно [2, п. 9.5], на десятиминутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожаров при одновременном наибольшем расходе на другие нужды. Предполагается, что в течение первых 10 мин на насосной станции будут включены пожарные насосы, которые обеспечат подачу необходимых расходов.

$$V_{\text{нпз}} = V_{\text{пож.вн}} + V_{\text{пож.нар}} + V.$$

Задаваясь определенными выше расчетными расходами в л/с, определим необходимое количество воды в куб. м по формуле:

$$V = \frac{Q \times t \times 60}{1000}.$$

Объём воды на внутреннее пожаротушение:

$$V_{\text{пож.вн}} = \frac{10 \times 10 \times 60}{1000} = 6 \text{ м}^3.$$

Объём воды на наружное пожаротушение:

$$V_{\text{пож.нар}} = \frac{20 \times 10 \times 60}{1000} = 12 \text{ м}^3.$$

Объём воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды:

$$V = \frac{91,2 \times 10 \times 60}{1000} = 54,7 \text{ м}^3.$$

Объем воды неприкосновенного запаса водонапорной башни должен **БЫТЬ**

$$V_{\text{нпз}} = 12 + 6 + 54,7 = 72,4 \text{ м}^3$$

### 6.3 Расчет объема бака ВБ

Суммарный объем воды в баке водонапорной башни согласно [1, п. 12.1] равен:

$$V_6 = V_{\text{рег}} + V_{\text{нпз}} = 218 + 72,4 = 290,8 \text{ м}^3.$$

На основании расчетов принимаем типовую башню объемом 300 м<sup>3</sup> (см. таблицу Б.3).

### 6.4 Определение основных геометрических размеров ВБ

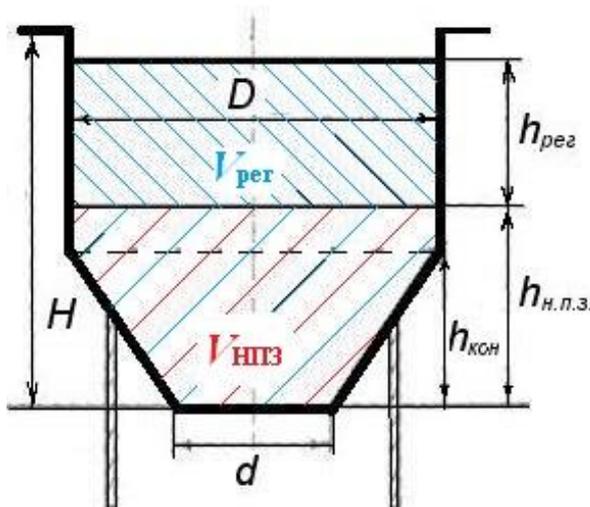


Рисунок 10 - Схема бака водонапорной башни

Геометрические размеры принятой типовой водонапорной башни: внутренний диаметр бака  $D = 8,0$  м; строительная высота бака  $H = 8,51$  м; высота конуса бака  $h_{\text{кон}} = 3,51$  м; диаметр днища бака  $d = 1$  м; объем конической части бака  $V_{\text{кон}} = 66,98$  м<sup>3</sup>.

Неприкосновенный запас полностью займет объем конусной части бака и часть цилиндрической на высоту  $\Delta h$ :

$$\Delta V = V_{\text{нпз}} - V_{\text{кон}} = 72,4 - 66,98 = 5,42 \text{ м}^3$$

$$\Delta h = \Delta V / (0,785D^2) = 5,42 / (0,785 \times 8,0^2) = 0,11 \text{ м.}$$

Высота регулирующего запаса воды в баке:

$$h_{\text{рег}} = V_{\text{рег}} / (0,785D^2) = 218 / (0,785 \times 8,0^2) = 4,34 \text{ м.}$$

Расчетное максимальное наполнение бака:

$$H_{\text{бака}} = h_{\text{кон}} + \Delta h + h_{\text{рег}} = 3,51 + 0,11 + 4,34 = 7,96 \text{ м.}$$

Высота ствола водонапорной башни определяется по формуле:

$$H_{\text{б}} = 1,05h_{\text{сети}} + H_{\text{св}} + z_{\text{дт}} - z_{\text{б}},$$

где: 1,05 – коэффициент, учитывающий потери напора на местные сопротивления.

$h_{\text{сети}}$  – потери напора в водопроводной сети при работе её в обычном режиме;

$H_{\text{св}}$  – свободный напор в диктующей точке. При двухэтажной застройке  $H_{\text{св}} = 14$  м [1, п. 5.11];

$z_{\text{дт}}$ ,  $z_{\text{б}}$  – отметки поверхности земли в диктующей точке и у башни ( $z_{\text{дт}} = 92$  м;  $z_{\text{б}} = 102$  м).

$$H_{\text{б}} = 1,05 \times 7,02 + 14 + 92 - 102 = 11,4 \text{ м}$$

Проверим, достаточна ли определенная при максимальном хозяйственном водозаборе высота башни для обеспечения свободного напора при пожаре  $H_{\text{св}}$  при системе пожаротушения низкого давления:

$$H_{\text{б.пож}} = 1,05h_{\text{сети}} + H_{\text{св}} + z_{\text{дт}} - z_{\text{б}},$$

где:  $h_{\text{сети}}$  – потери напора в водопроводной сети от башни до диктующей точки при пропуске максимального хозяйственного расхода совместно с пожарным расходом;  $H_{\text{св}} = 10$  м [2, п. 4.4].

Если  $H_{\text{б.пож}} > H_{\text{б}}$ , то к установке принимать башню по  $H_{\text{б.пож}}$  нецелесообразно, так как это невыгодно из-за увеличения стоимости самой башни, и постоянного перерасхода электроэнергии на подъем воды. В этом

случае при пожаре башню отключают, а необходимый напор в сети при пожаре создают группой пожарных насосов, установленных на насосной станции.

Если  $H_{б.пож} \leq H_б$ , то водонапорную башню при пожаре не отключают, так как создаваемый ею напор достаточен для тушения пожара. В этом случае на насосной станции устанавливают дополнительно один или несколько насосов для подачи пожарного расхода, желательно той же марки, что и хозяйственные насосы.

При системе пожаротушения высокого давления водонапорная башня при пожаре отключается всегда, а на насосной станции II-го подъема устанавливается специальная группа пожарных насосов, рассчитанных на подачу хозяйственного и пожарного расходов с напором, достаточным для обеспечения в системе необходимых свободных напоров при пожаре. Эти насосы включаются в случае возникновения пожара, хозяйственные насосы при этом отключаются.

В рассматриваемом примере:

$$H_{б.пож} = 1,05 \times 31,62 + 10 + 92 - 102 = 33,2 \text{ м.}$$

По таблице Б.3 принимаем типовую водонапорную башню высотой 15 м. Типовой проект 901-5-24/70, бак стальной, ствол кирпичный.

## **7 Расчет объема резервуара чистой воды**

Резервуар чистой воды является регулирующей и запасной емкостью и располагается между насосными станциями первого и второго подъемов.

### **7.1 Расчёт неприкосновенного противопожарного запаса в РЧВ**

Неприкосновенный запас воды определяется как сумма пожарного, хозяйственно-питьевого и производственного объемов из расчёта 3-х часовой продолжительности тушения пожара [2, п. 6.3].

Объём воды для тушения пожара при  $Q_{пож} = 40$  л/с должен быть равен:

$$V_{пож} = \frac{40 \times 3 \times 3600}{1000} = 432 \text{ м}^3.$$

Неприкосновенный запас воды на хозяйственно-питьевые нужды на время тушения пожара может быть подсчитан из расчета двух максимальных и одного среднего часового расходов воды.

Объем воды на хозяйственно-питьевые нужды посёлка составит:

$$V_{х.п} = 2 \times Q_{ч.маx} + Q_{ч.м} = (2 \times K_{ч} + 1) Q_{ч.м} = (2 \times 1,17 + 1) 183,5 = 613 \text{ м}^3.$$

В эти часы общий расход воды на производственном предприятии будет равен:

$$V_{пр} = \frac{14,7 \times 3 \times 3600}{1000} = 159 \text{ м}^3.$$

При определении объема неприкосновенного запаса воды в резервуарах допускается учитывать пополнение их водой во время тушения пожара, если подача воды в резервуары осуществляется системами водоснабжения I и II категории по степени обеспеченности подачи воды. Во время тушения пожара насосы НС-I работают и подают в час 4,17 % суточного расхода воды, а за 3 часа тушения пожара будет подано

$$V_{нсI} = 3 Q_{сут.маx} P_{нсI} / 100 = 3 \times 6752 \times 4,167 / 100 = 844 \text{ м}^3.$$

Общий объём неприкосновенного противопожарного запаса составит:

$$V_{нпз} = V_{пож} + V_{хп} + V_{пр} - V_{нсI} = 432 + 613 + 159 - 844 = 360 \text{ м}^3.$$

Максимальный срок восстановления пожарного объема воды, в соответствии с [2, п. 6.4, прим.1] должен быть не более 36 часов.

## 7.2 Расчёт регулирующего объема в РЧВ

Величину регулирующего объема в резервуарах чистой воды определим по методике, которая применялась при вычислении регулирующего объема в водонапорной башне.

Принятый режим работы НС-I - равномерный в течение суток, что соответствует  $K_n = 1,0$ . Потребителем по отношению к РЧВ является НС-II и, соответственно,  $K_{ч} = 1,05$ . После подстановки численных значений:

$$V_{рег} = 6752 \times [1 - 1,0 + (1,05 - 1) \left( \frac{1,0}{1,05} \right)^{\frac{1,05}{1,05 - 1}}] = 6752 \times [0 + 0,05 \times 0,952^{21}] = 6752 \times 0,018 = 121 \text{ м}^3.$$

### 7.3 Расчёт запасного объема

Объем воды на собственные нужды водопроводной системы принимается от 3 до 14 % от количества воды, подаваемой потребителям.

$$V_{\text{зап}} = 0,08 \times Q_{\text{сут. max}} = 0,08 \times 6752 = 540 \text{ м}^3.$$

### 7.4 Расчет объема РЧВ

Объем резервуара чистой воды определяется:

$$V_{\text{рчв}} = V_{\text{нпз}} + V_{\text{рег}} + V_{\text{зап}},$$

где  $V_{\text{рчв}}$  – общий объем воды;

$V_{\text{нпз}}$  – объем неприкосновенного противопожарного запаса воды;

$V_{\text{рег}}$  – регулирующий объем воды;

$V_{\text{зап}}$  – объем воды для собственных нужд водопроводной системы.

Следовательно, общий объем воды в резервуарах чистой воды:

$$V_{\text{рчв}} = 360 + 121 + 540 = 1021 \text{ м}^3.$$

В соответствии с [1, п. 12.16] количество резервуаров в одном узле должно быть не менее двух, при этом в каждом из них должно храниться 50 % объема воды на пожаротушения. Принимаем два типовых резервуара емкостью по 600 м<sup>3</sup> каждый (см. табл. Б.4 и Б.5). Типовой проект 901-4-65.83, размеры 3,51 × 12 × 15 м, прямоугольный, железобетонный из сборных элементов.

## 8 Расчет водоводов

Количество линий водоводов надлежит принимать с учетом категории системы водоснабжения и очередности строительства [1, п. 11.1]. В соответствии с [2, п. 7.8] принимаем две линии водоводов.

Водоводы, как правило, рассчитывают на средний часовой расход населенного пункта в сутки максимального водопотребления [1, п. 7.7]. В нашем случае этот расход равен 281,3 м<sup>3</sup>/ч или 78 л/с. Так как водоводов два, то расчетный расход каждого водовода составит 39 л/с. Водоводы принимаем из полиэтиленовых труб диаметром 315 мм.

В соответствии с п. 7.9 [1] определим потери напора в водоводах при различных режимах водопотребления.

При максимальной водоподаче от НС-II в водоводы поступает  $Q_{н.маx}\% \times Q_{сут.маx}/100 = 4,4 \times 6752/100 = 297,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что соответствует 82 л/с или 41 л/с на каждый водовод. По таблицам Ф.А. Шевелёва [4] определяем потерю напора в водопроводе при длине его  $l = 3500 \text{ м}$  и скорости движения воды  $v = 0,68 \text{ м/с}$ :

$$h_{\text{вод.маx}} = (1000i) \times l/1000 = 1,652 \times 3500/1000 = 5,8 \text{ м.}$$

При минимальной водоподаче от НС-II в водоводы поступает  $Q_{н.мин}\% \times Q_{сут.маx}/100 = 3,8 \times 6752/100 = 256,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что соответствует 71 л/с или 35,5 л/с на каждый водовод. По таблицам [4] определяем потерю напора в водопроводе при  $v = 0,59 \text{ м/с}$ :

$$h_{\text{вод.мин}} = (1000i) \times l/1000 = 1,28 \times 3500/1000 = 4,5 \text{ м.}$$

При пожаротушении расход воды в водоводах  $Q = 131,2 \text{ л/с}$ . Максимальный расход воды в одном водоводе составит 65,6 л/с, скорость движения воды  $v = 1,08 \text{ м/с}$ . Потеря напора в водоводе во время пожара:

$$h_{\text{вод.пож}} = (1000i) \times l/1000 = 3,803 \times 3500/1000 = 13,3 \text{ м.}$$

Потери напора в водоводах учитываются при определении требуемого напора хозяйственных и пожарных насосов.

Надежность работы водовода обеспечиваем способом резервирования с перемычками.

Водопровод во время ликвидации аварии на одном из водоводов должен обеспечить подачу воды на хозяйственно-питьевые в количестве 70 % расчетного расхода, а на производственные нужды - по аварийному графику (в работе принято 70 % расчетного расхода) и пожарного расхода в полном объеме [1, п. 11.2].

$$\begin{aligned} Q_{\text{ав}} &= 0,7Q_{\text{маx}}^{\text{хп}} + 0,7Q^{\text{пр}} + Q_{\text{пож}} = 0,7(Q_{\text{маx}}^{\text{хп}} + Q^{\text{пр}}) + Q_{\text{пож}} = 0,7Q_{\text{маx}} + Q_{\text{пож}} = \\ &= 0,7 \times 91,2 + 40 = 63,8 + 40 = 103,84 \text{ л/с.} \end{aligned}$$

Для двух параллельных водоводов с одинаковыми диаметрами и длинами участков число участков переключений  $n$  определяется по формуле:

$$n = 3Q_{\text{ав}}^2 / (Q^2 - Q_{\text{ав}}^2),$$

где:  $Q_{\text{ав}}$  – расход воды при аварии;  $Q$  – расход воды при нормальной эксплуатации.

$$n = 3 \times 103,8^2 / (131,2^2 - 103,8^2) = 5,02.$$

Принимаем 4 переключения (пять участков). Длина ремонтных участков не превышает допустимую величину [1, п. 11.10].

## 9 Подбор насосов НС-II

В соответствии с [2, п. 7.1] насосная станция II подъема относится к I категории по степени обеспеченности подачи воды.

Насосная станция проектируется по типу высокого давления, т. е. предусматриваем рабочие насосы для подачи воды в сеть при хозяйственном водопотреблении и специальные противопожарные насосы для подачи воды в сеть при пожаре. Схема подключения насосов – параллельная.

### 9.1 Расчет параметров хозяйственных насосов

Из расчета следует, что НС-II работает в неравномерном режиме с двумя основными хозяйственными насосами, подача которых будет равна:

$$Q_{\text{хнI}} = Q_{\text{сут. max}} Q_{\text{н. min}} \% / 100 = 6752 \times 3,8 / 100 = 256,6 \text{ м}^3/\text{ч или } 71 \text{ л/с},$$

$$Q_{\text{хнII}} = Q_{\text{сут. max}} Q_{\text{н. max}} \% / 100 = 6752 \times 4,4 / 100 = 297,1 \text{ м}^3/\text{ч или } 82 \text{ л/с}.$$

Необходимый напор хозяйственно насоса определяется по формуле:

$$H_{\text{хн}} = 1,05 h_{\text{вод}} + H_{\text{б}} + H_{\text{бака}} + z_{\text{б}} - z_{\text{н}}$$

где:  $h_{\text{вод}}$  - потеря напора в водоводе;  $H_{\text{б}}$  - высота водонапорной башни;  $H_{\text{бака}}$  - максимальное наполнение бака;  $z_{\text{б}}$  - отметка поверхности земли на месте установки башни;  $z_{\text{н}}$  - отметка оси насоса.

Тогда:

$$H_{\text{хнI}} = 1,05 \times 4,5 + 15 + 7,96 + 102 - 90 = 39,7 \text{ м}.$$

$$H_{\text{хнII}} = 1,05 \times 5,8 + 15 + 7,96 + 102 - 90 = 41 \text{ м}.$$

### 9.2 Расчет параметров пожарных насосов

Целесообразно применить два одинаковых противопожарных насоса, подача каждого из них:

$$Q_{\text{пож.н}} = (Q_{\text{max}} + Q_{\text{пож}}) / n = 131,2 / 2 = 65,6 \text{ л/с}.$$

Напор противопожарного насоса определяется по формуле:

$$H_{\text{пож.н}} = 1,05(h_{\text{вод}} + h_{\text{сети}}) + H_{\text{св}} + z_{\text{дт}} - z_{\text{н}},$$

где  $H_{\text{св}}$  - свободный напор у гидрантов равный 10 м, согласно [2, п. 4.4];

$h_{\text{сети}}$  - потери напора в водопроводной сети во время пожара;

$$H_{\text{пож.н}} = 1,05 \times (13,3 + 31,62) + 10 + (92 - 90) = 59,2 \text{ м.}$$

### 9.3 Подбор насосов

По расчётным величинам, используя данные каталога насосов (см. рисунок Б.2), подбираем хозяйственные и пожарные насосы производства фирмы Grundfos, характеристики которых представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики насосов НС-II

Тип насоса	Расчётный расход насоса, л/с	Расчётный напор насоса, м	Марка насоса	Характеристика насоса		Количество насосов
				Число оборотов электродвигателя $n$ , об <sup>-1</sup>	Диаметр рабочего колеса, мм	
Хозяйственные						
Н-II	82	41	NK 100-200	2900	192	2 основных
Н-I	71	40	NK 100-200	2900	192	1 резервный
Пожарные	66	59	NK 100-200	2900	219	2 основных 1 резервный

Количество резервных насосов, должно приниматься согласно [2, п. 7.4].

## 10 Расчет свободных напоров

### 10.1 Расчет напоров при максимальном хозяйственно-питьевом расходе

Вычисления проектных свободных напоров в узлах сети представлены в табл. 8 и выполнены в следующей последовательности.

Графы 1 и 2 заполняют согласно схеме сети. Отметки поверхности земли в узлах сети (гр. 3) определяют по плану поселка. Вычисленные потери напора (гр. 4) заполняют по результатам увязки колец и расчета водоводов и тупиковых участков.

В случае хозяйственно-питьевого водопотребления вычисляют отметку пьезометрической линии в узле, где установлена водонапорная башня (гр. 5) из условия обеспечения расчетного напора в сети при низшем уровне регулирующего запаса воды в ВБ:

$$H_{об} = z_б + H_б + h_{кон} + \Delta h = 102 + 15 + 3,51 + 0,11 = 120,62 \text{ м.}$$

Отметки пьезометрической линии в остальных узлах вычисляют следующим образом.

Если обходить водопроводную сеть по внешнему контуру по направлению движения воды, то условная отметка пьезометрической линии каждого последующего узла равна отметке этой линии в предыдущем узле минус потеря напора. На участках, где движение при принятом обходе контура будет против движения воды, условная отметка пьезометрической линии в последующем узле будет равна отметке пьезометрической линии предыдущего узла плюс (абсолютное значение) потеря напора на участке.

Свободные напоры в узле (гр. 6) вычисляют как разность отметки пьезометрической линии (гр. 5) и отметки поверхности земли в данном узле (гр. 3).

После вычисления графы 6 таблицы 8 для всех узлов сети находят в ней узел с минимальным значением свободного напора, который и будет диктующим. В нашем примере это узел 3, а не принятый ранее узел 7.

Свободный напор во всех узлах сети превышает минимальный необходимый свободный напор в сети на вводе в здание, который для

двухэтажных зданий при хозяйственно-питьевом водопотреблении составляет  $H_{св} = 14$  м.

Таблица 9 – Расчет напоров при хозяйственном водоразборе

Номер узла	Участок сети	Отметка земли в узле, м	Потеря напора, м	Отметка пьезометрической линии, м	Свободный напор, м
1	2	3	4	5	6
ВБ		102,0		120,62	18,62
	ВБ-1		(-)0,90		
1		99,0		119,72	20,72
	1-2		(-)1,22		
2		96,5		118,50	22,00
	2-3		(-)2,10		
3		97,5		116,40	18,90
	3-6		(-)1,31		
6		92,0		115,09	23,09
	6-7		(-)0,50		
7		93,0		114,59	21,59
	6-7		0,50		
6		92,0		115,09	23,09
	5-6		2,07		
5		84,7		117,16	32,46
	4-5		1,57		
4		90,0		118,73	28,73
	1-4		1,24		
1		99,0		119,97	20,97
	ВБ-1		0,9		
ВБ		102,0		120,87	18,87
Невязка по внешнему контуру:			0,25 м		

## 10.2 Расчет напоров при пропуске пожарного расхода

Расчет сводится в табл. 9, который выполняется в рассмотренном выше порядке.

Первоначально вычисляют проектную отметку пьезометрической линии на НС-II (табл.10, гр.5):

$$H_{нс} = z_{н} + H_{пoж.н} = 90 + 59 = 149 \text{ м.}$$

Таблица 9 – Расчет напоров при пропуске пожарного расхода

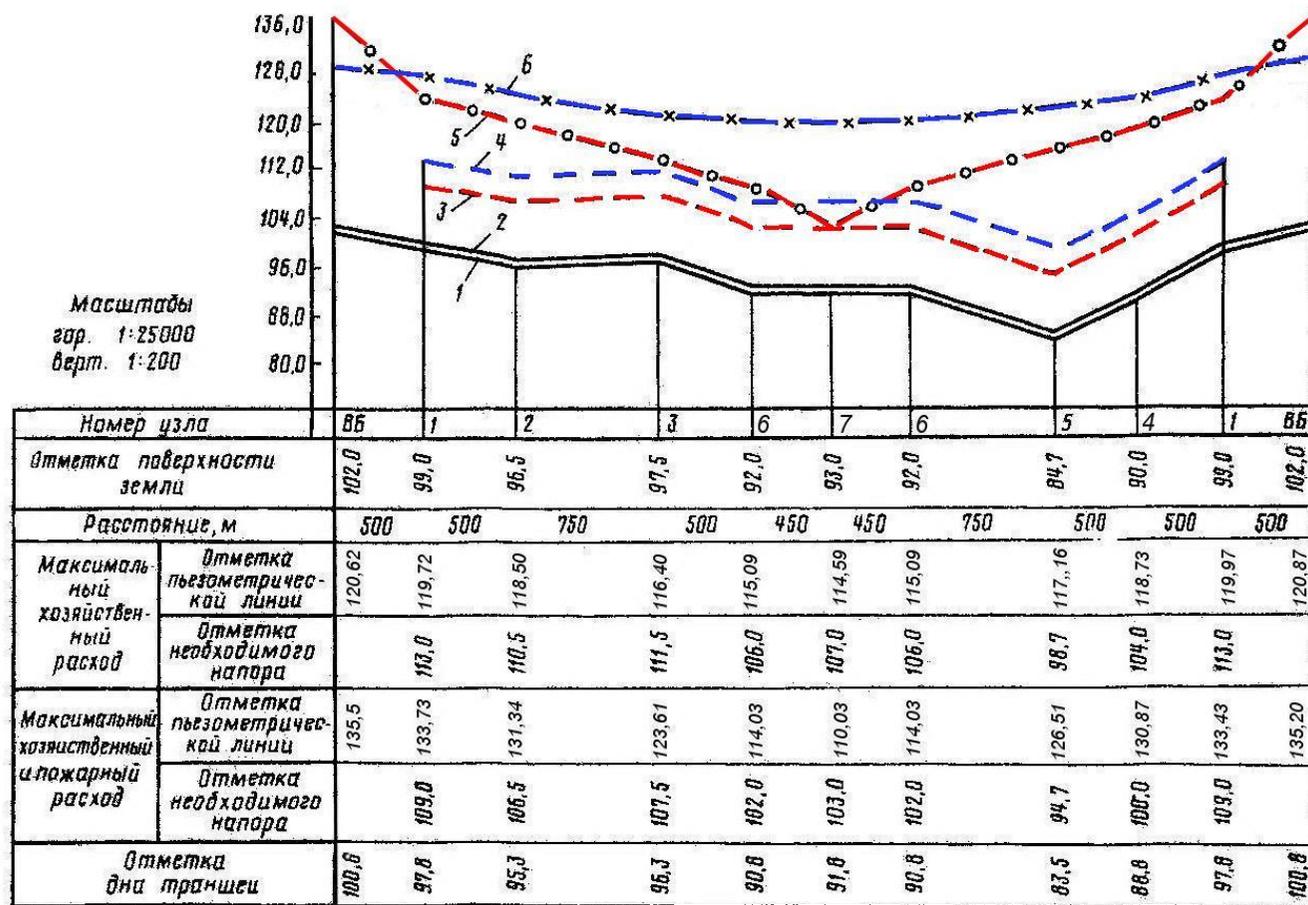
Номер узла	Участок сети	Отметка земли в узле, м	Потеря напора, м	Отметка пьезометрической линии, м	Свободный напор, м
1	2	3	4	5	6
НСП	НСП-ВБ	90,0		149,00	59,00
ВБ		102,0	-13,5	135,50	33,50
	ВБ-1				
1		99,0	-1,77	133,73	34,73
	1-2				
2		96,5	-2,39	131,34	34,84
	2-3				
3		97,5	-7,73	123,61	26,11
	3-6				
6		92,0	-9,58	114,03	22,03
	6-7				
7		93,0	-4,00	110,03	17,03
	6-7				
6		92,0	4,00	114,03	22,03
	5-6				
5		84,7	12,48	126,51	41,81
	4-5				
4		90,0	4,36	130,87	40,81
	1-4				
1		99,0	2,56	133,43	34,43
	ВБ-1				
ВБ		102,0	1,77	135,20	33,20
Невязка по внешнему контуру сети:			- 0,30 м		

Диктующей точкой является узел 7.

Свободный напор в узлах сети превышает минимальный необходимый свободный напор у пожарных гидрантов, который для хозяйственно-противопожарной сети низкого давления составляет  $H_{св} = 10$  м.

Максимальный свободный напор в сети объединенного водопровода не превышает максимально допустимый – 60 м [2, п. 4.4].

По данным таблиц 8 и 9 строится график напоров по внешнему контуру сети (см. рис. 10).



1 – дно траншеи; 2 – поверхность земли; 3 – линия необходимого напора при пожаре;  
 4 – линия необходимого напора при хозяйственном расходе; 5 – проектная линия при пожарном расходе  
 6 – проектная линия при хозяйственном расходе

Рисунок 10 – Схема линий пьезометрических напоров

## 11 Конструирование водопроводной сети

Трубы выбраны полиэтиленовые, соединение труб предусматриваем торцевой сваркой, при невозможности ее выполнения применяем электросварку специальными муфтами. При этом руководствуемся СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводных систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов».

Для соединения труб с фасонными частями и арматурой используем свободные стальные фланцы на отбортовочных кольцах, образующихся после торцевой сварки трубы и втулки под фланец. Номенклатура полиэтиленовых соединительных деталей включает отводы, тройники равнопроходные и переходные, формованные втулки под фланцы, муфты, угольники, переходы.

Глубину заложения труб до низа принимаем на 0,5 м больше расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры [1, п. 11.40].

Задвижки предусматриваем на всех ответвлениях, в местах пересечения труб водопровода и на ремонтных участках водоводов. На трубопроводах, не имеющих ответвлений, задвижки устанавливают через пять пожарных гидрантов [1, п. 11.10, примечание]. Длину ремонтных участков водоводов принимаем равной длине участков между переключениями, но не более 5 км [1, п. 11.10].

Подземные пожарные гидранты диаметром 125 мм устанавливаем в колодцах с помощью подставок, которые представляют собой крестовины, тройники или патрубки с вертикальным фланцевым отростком диаметром 200 мм для установки пожарного гидранта. Расстояние между ними определяется расчетом и, как правило, составляет 120-150 м. Гидранты устанавливаем вдоль автомобильных дорог на расстоянии не более 2,5 м от края проезжей части, но не ближе 5 м от стен зданий [2, п. 8.6].

Так как степень благоустройства населенного пункта высокая, установка водозаборных колонок не требуется. Водоразборные колонки устанавливаем только в отдельных местах: на рынках, автостанциях и др.

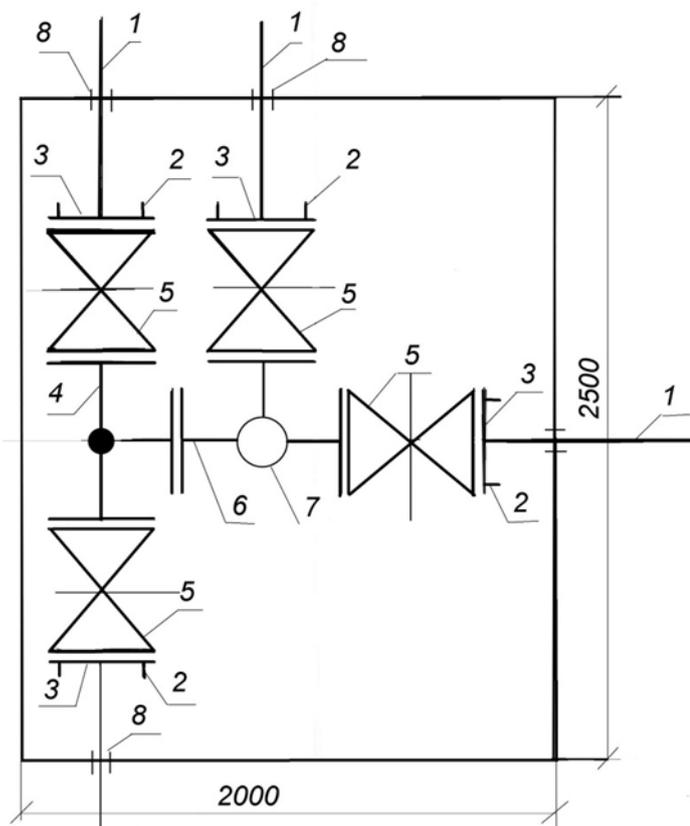


Рисунок 11 – Схема детализовки ВК-1

Таблица 10 – Пример спецификации

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
1	Труба ПЭ 100 SDR 17 - 315×18,7 питьевая ГОСТ 18599-2001	Труба полиэтиленовая		
2	Втулка под фланец короткая ПНД 315 Т ТУ 6-49-22-90	Бурт сварной		
3	Фланец стальной 315 (расточенный) ГОСТ 12820-80	Фланец стальной		
4	Тройник ТФ 300 ГОСТ 5525-88	Тройник фланцевый		
5	Задвижка 30ч6бр ГОСТ 8437-75	Задвижка чугунная, параллельная с выдвижным шпинделем		
6	Тройник ППТФ 300 ГОСТ 5525-88	Тройник фланцевый с пожарной подставкой		
7	Гидрант 1500 ГОСТ 8220-88	Пожарный гидрант		
8	Труба Ст 406,4×5,0 ГОСТ10704-91	Футляр L = 0,3 м		

## Список использованной литературы

1. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84: СП 31.13330.2012. Введ.2013-01-01. М.: Минрегион России, 2012. 123 с.
2. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности: СП 8.13130.2009. Введ. 2009-05-01. М.: МЧС России, 2010. 17 с.
3. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности: СП 10.13130.2009. Введ. 2009-05-01. М.: МЧС России, 2010. 9 с.
4. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справ. пособие. М.: ООО «БАСТЕТ», 2007. 336 с.
5. Пластмассовые трубы, их характеристики и область применения (строительство трубопроводных систем с применением пластмассовых труб) /NPG. Stockholm Sweden, 1999; Северное объединение производителей пластмассовых труб, МГСУ. М., 2000.114 с.
6. Оводова Н.В. Расчеты проектирования сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения: учеб.пособие для с.-х. вузов по спец. «Вод. хо-во и мелиорация». М. : Колос, 1995.256 с.
7. Есин А.И. Гидравлические расчеты на ПЭВМ: учебное пособие. Саратов: ФГОУ ВПО СГАУ, 2002.116 с.
8. Айбушев Р.М., Есин А.И. Расчёт хозяйственно-противопожарного водопровода населенного пункта: метод. указ. и задания к выполнению контр. работы по сельскохозяйственному и противопожарному водоснабжению. Саратов: ФГБОУ ВПО СГАУ, 2012. 49 с.
9. Консольные и моноблочные насосы NB, NBE, NK, NKE: каталог продукции GRUDFOS. URL:<http://ru.grundfos.com/documentation/catalogues.html> (дата обращения 11.04.2013).
10. Рекомендации по инженерному оборудованию сельских населенных пунктов. В 6-ти ч. Ч.2 Водоснабжение / ЦНИИЭП инженерного оборудования. М.: Стройиздат, 1984. 80 с.

## Приложение А

(обязательное)

Таблица А.1 – Варианты задания

Вариант	Характеристика населенного пункта			Характеристика предприятия и диктующего производственного здания					Расстояние от НС – II до населенного пункта, м
	Вариант генплана населенного пункта	Численность населения, тыс. чел	Преобладающая этажность застройки	Площадь территории предприятия, га	Расход воды на предприятии, л/с	Степень огнестойкости здания	Категория помещения по пожарной опасности	Объем здания, тыс. куб. м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01	1	4,0	2	20	7,0	I	A	3	800
02	2	4,5	2	30	6,0	II	A	4	880
03	3	5,0	2	30	5,0	III	Д	5	900
04	1	5,5	3	40	12,4	IV	Г	10	950
05	2	6,0	3	40	10,5	V	Г	12	1000
06	3	6,5	3	40	9,8	I	Г	22	1050
07	1	7,0	3	50	10,6	II	Б	2	1060
08	2	7,5	3	50	12,0	III	В	4	1100
09	3	8,0	3	60	14,0	IV	В	6	1150
10	1	8,5	3	60	14,6	V	В	10	1200
11	2	9,0	3	60	15,0	I	Б	22	1250
12	3	9,5	3	60	20,0	II	Б	25	1300
13	4	10,0	3	70	13,0	III	Г	20	1350
14	5	12,0	5	70	12,5	IV	Д	6	1400
15	6	14,0	5	80	14,6	V	Д	12	1450
16	4	16,0	5	80	17,5	I	Д	8	1500
17	5	18,0	5	90	18,0	II	A	40	1550
18	6	20,0	5	90	18,5	III	В	8	1600
19	4	22,0	5	100	19,0	I	A	42	1650
20	5	24,0	5	100	19,5	II	A	18	1700

Продолжение таблицы А.1

Вариант	Характеристика населенного пункта			Характеристика предприятия и диктующего производственного здания					Расстояние от НС –II до населенного пункта, м
	Вариант генплана населенного пункта	Численность населения, тыс. чел	Преобладающая этажность застройки	Площадь территории предприятия, га	Расход воды на предприятии, л/с	Степень огнестойкости здания	Категория помещения по пожарной опасности	Объем здания, тыс. куб. м	
21	6	26,0	9	100	20,0	III	В	18	1750
22	7	28,0	9	100	20,5	I	Г	12	1800
23	8	30,0	9	120	22,0	II	Г	22	1850
24	9	32,0	9	120	21,0	III	Д	28	1900
25	7	34,0	9	140	13,0	I	Д	35	1950
26	8	36,0	9	160	13,8	II	В	12	2000
27	9	38,0	9	160	12,2	III	В	38	2050
28	7	40,0	9	165	9,8	I	А	46	2100
29	8	42,0	9	180	8,6	II	А	12	2200
30	9	45,0	9	200	9,4	III	В	20	2300

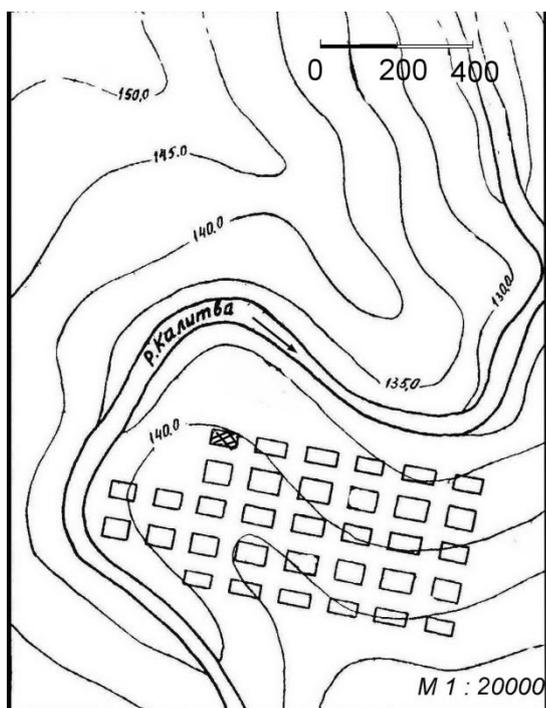


Схема 1

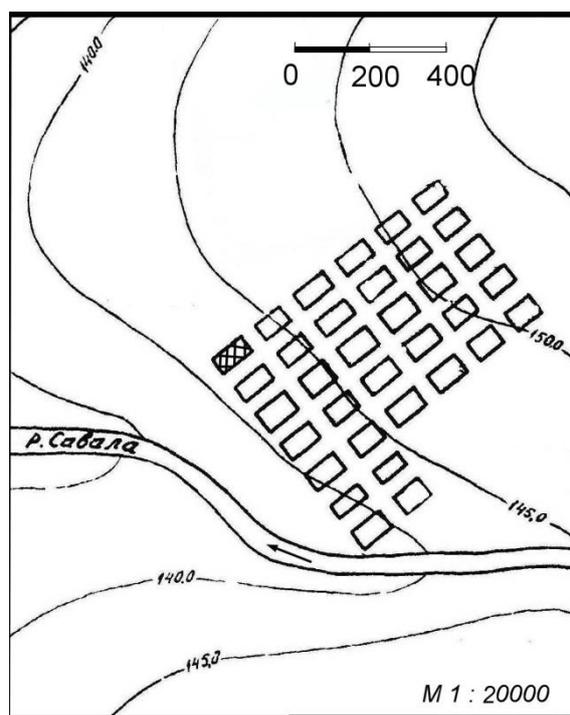


Схема 2

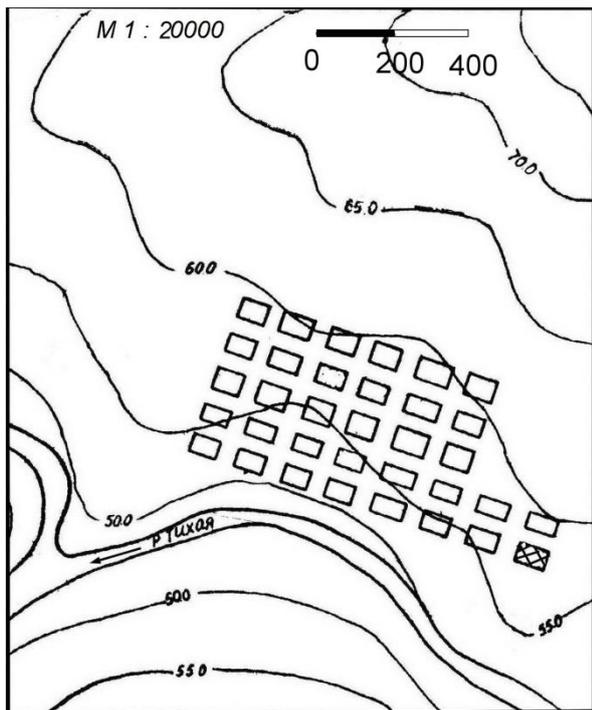


Схема 3

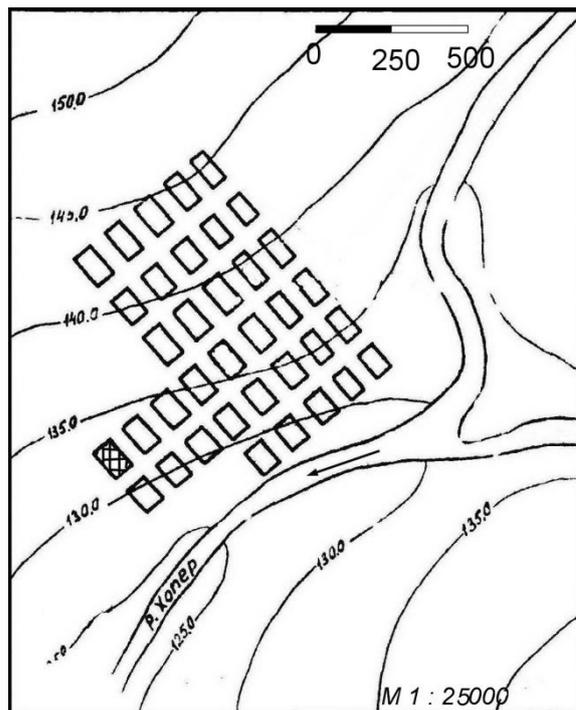


Схема 4

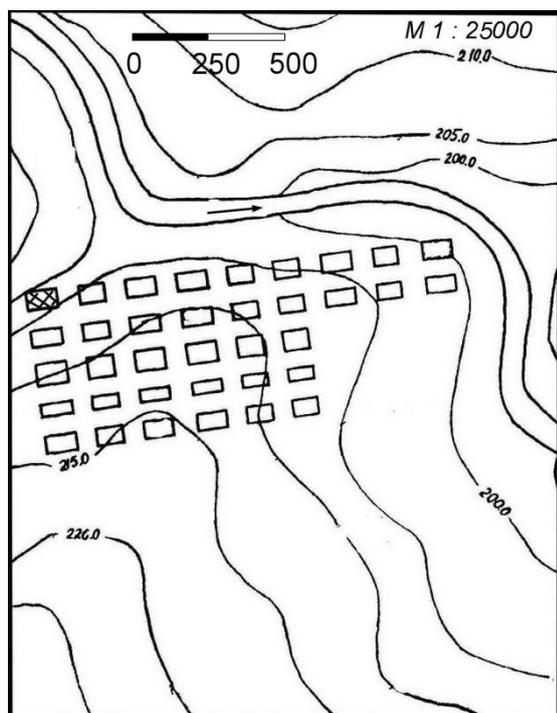


Схема 5

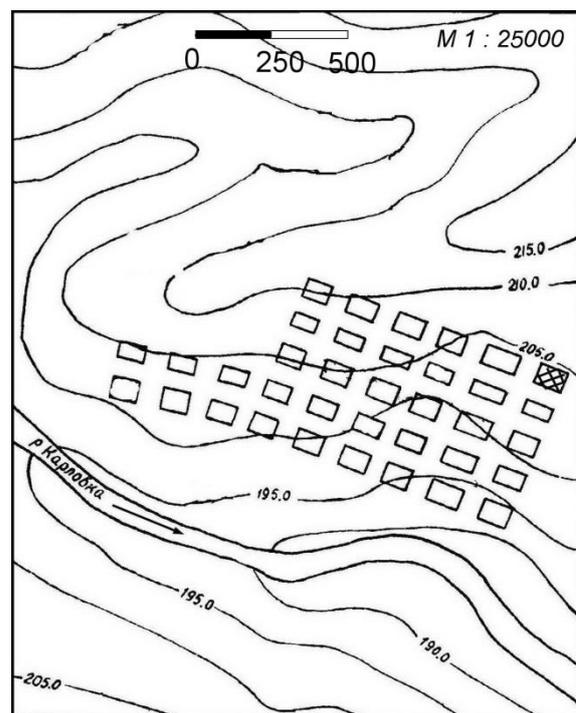


Схема 6

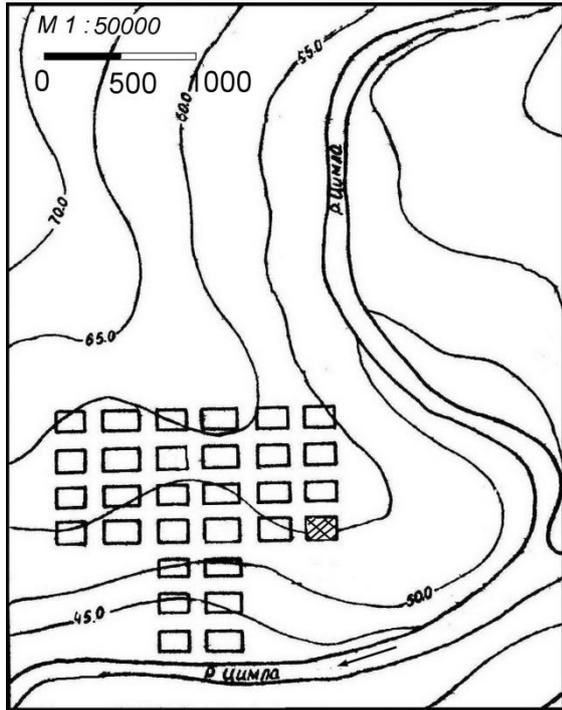


Схема 7

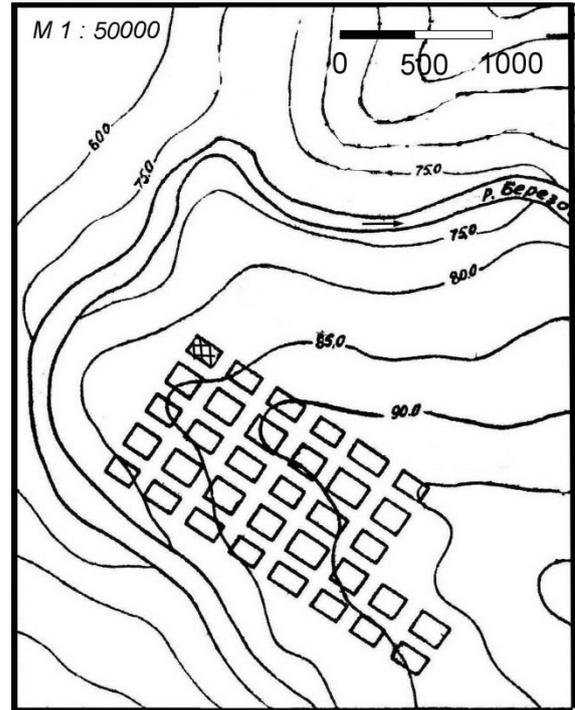


Схема 8

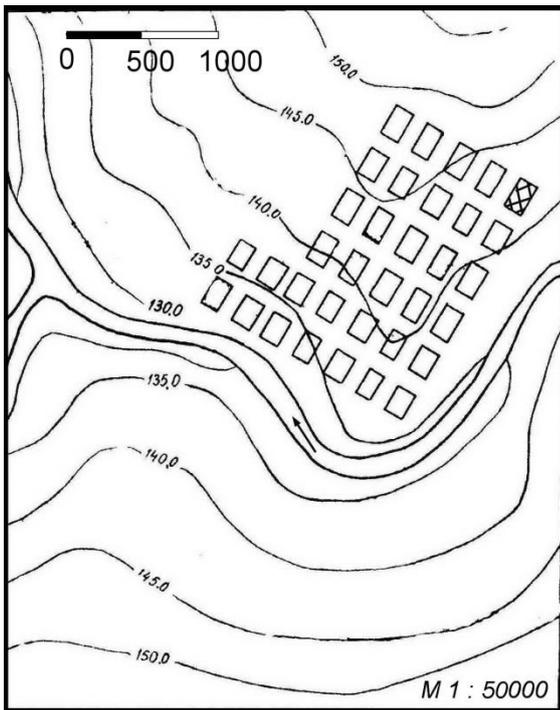


Схема 9

## Приложение Б

(справочное)

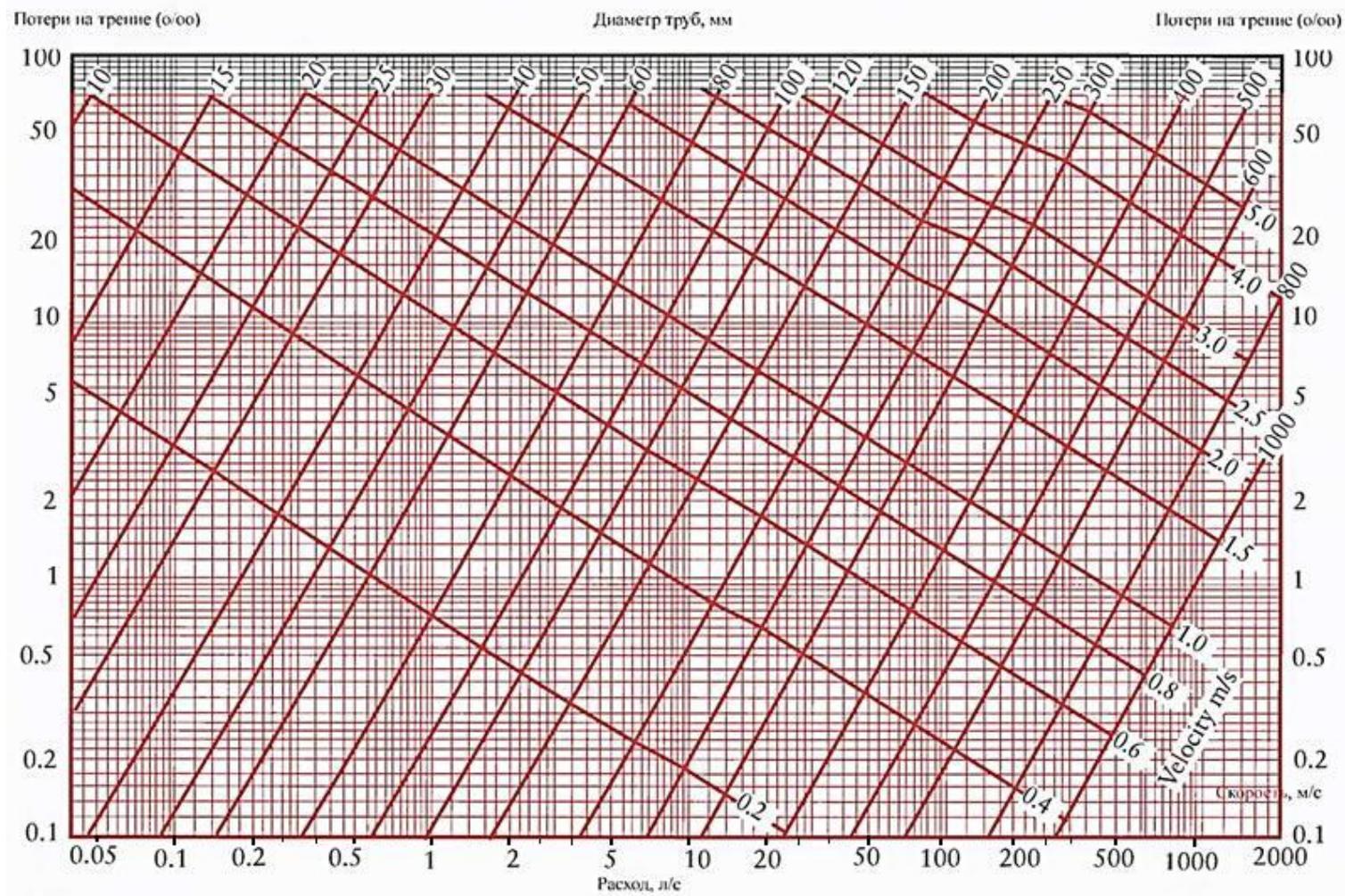


Рисунок Б.1- Номограмма для гидравлического расчета пластмассовых труб [5]

Таблица Б.1 – Расчетные значения удельных сопротивлений  $A$  при  $v = 1$  м/с полиэтиленовых труб ПЭ100SDR17 по ГОСТ 18599-2001 (выборочно)

Наружный диаметр $D$ , мм	Внутренний диаметр $d$ , мм	Удельное сопротивление $A$ , с <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	Наружный диаметр $D$ , мм	Внутренний диаметр $d$ , мм	Удельное сопротивление $A$ , с <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>
90	79,2	631,8	225	198,2	5,231
110	96,8	221,4	250	220,4	3,004
125	110,2	112,4	280	246,8	1,663
140	123,4	62,26	315	277,6	0,8995
160	141,0	31,01	355	312,8	0,4820
180	158,6	16,77	400	352,6	0,2578
200	176,2	9,677	450	396,6	0,1394

Таблица Б.2 – Регулирующие объемы при различных режимах работы насосного оборудования

Наибольшая часовая производительность насосного оборудования $K_n$	Регулирующие объемы в процентах расхода за сутки максимального водопотребления при значениях коэффициентов часовой неравномерности водопотребления, $K_{\text{ч}}$								
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Равномерный в течение суток режим работы									
1,0	6,7	9,6	12,3	14,8	17,1	19,3	21,2	23,2	25,0
Равномерный в течение части суток режим работы									
1,1	7,5	9,0	10,69	12,46	14,25	16,02	17,76	19,44	21,08
1,2	11,6	10,9	11,5	11,82	13,6	14,79	16,1	17,43	18,8
1,3			13,74	13,56	14,03	14,75	15,61	16,55	17,57
1,4				15,77	15,59	15,54	15,94	16,48	17,16
1,5				17,79	17,10	16,95	16,9	17,4	17,34
1,6							18,46	18,15	18,16
1,7									19,28
Примечание - Значение регулирующего объема рассчитывается по формуле (25) СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий									

Продолжение таблицы Б.2

Наибольшая часовая производительность насосного оборудования $K_H$	Регулирующие объемы в процентах расхода за сутки максимального водопотребления при значениях коэффициентов часовой неравномерности водопотребления, $K_C$								
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Двухступенчатый режим работы									
1,1			<u>7,2</u> 85,77	<u>9,72</u> 86,89	<u>12,0</u> 87,75	<u>14,32</u> 88,44	<u>16,6</u> 89,04	<u>18,39</u> 89,55	<u>20,8</u> 90,00
1,2			<u>3,3</u> 68,76	<u>5,6</u> 72,30	<u>7,9</u> 74,66	<u>10,04</u> 76,42	<u>12,3</u> 77,83	<u>14,11</u> 79,00	<u>16,00</u> 80,00
1,3					<u>4,6</u> 60,41	<u>6,49</u> 63,84	<u>8,6</u> 66,34	<u>10,39</u> 68,34	<u>12,4</u> 70,00
1,4							<u>5,8</u> 54,58	<u>7,23</u> 57,56	<u>9,4</u> 60,00
1,5									<u>6,3</u> 50,00
Примечание - Над чертой приведено значение регулирующего объема в процентах расхода, под чертой – наименьшая производительность НС в процентах среднего часового расхода.									
Равномерный периодический режим работы									
1,1	1,9	4,5							
1,2		1,2	3,3						
1,3			0,9	2,55					
1,4				0,65	2,0	3,7			
1,5					0,57	1,68	3,1	4,66	
1,6						0,45	1,2	2,64	4,6
1,7							0,41	1,14	2,4
1,8								0,26	0,8
1,9									0,3

Таблица Б.3 – Геометрические размеры типовых водонапорных башен

Объем бака, м <sup>3</sup>	Высота ствола башни $H_6$ , м	Типовой проект	Размеры, м				Объем конической части бака, $V_{кон}$ , м <sup>3</sup>
			внутренний диаметр бака $D$	строительная высота бака $H$	высота конуса бака $h_{кон}$	диаметр дна бака $d$	
1	2	3	4	5	6	7	8
Бак стальной, ствол кирпичный							
15	6, 9	901-5-14/70					
25	9,12,15,18,21	901-5-20/70					
50	9,12,15,18,21,24	901-5-21/70	3,088	6,96	-	-	-
100	12,15,18,21,24	901-5-22/70	5,00	6,70	2,20	0,63	16,42
150	18,24	901-5-9/70	6,00	7,18	2,69	0,63	28,32
200	12,15,18,21,24	901-5-23/70	6,50	8,10	2,90	0,63	35,52
300	15,18,21,24,30,36	901-5-24/70	8,00	8,51	3,51	1,00	66,98
Бак стальной, ствол железобетонный							
50	12,15,18,21,24,27,30	901-5-33.85			-	-	-
100	12,15,18	901-5-35.85			-	-	-
300	21,24,30,36,42	901-5-26/70	8,00	8,51	3,51	1,00	66,98
Стальные башни (системы Рожновского)							
15	12,15,18	901-5-29	3,02	2,79	1,175	1,22	4,39
25	12,15,18	901-5-29	3,02	4,42	1,175	1,22	4,39
50	12,15,18	901-5-29	3,02	8,57	1,175	1,22	4,39

Таблица Б.4 – Типовые железобетонные монолитные подземные резервуары для воды

Номер проекта	Объем, м <sup>3</sup>	Диаметр, м	Глубина, м
901-4-84.86	50	5,0	3,0
901-4-86.86	100	6,0	3,6
901-4-88.86	150	7,0	4,2
901-4-90.86	250	9,0	4,2
901-4-92.86	500	12,0	4,8
901-4-16	1000	18	5,1
901-4-17	2000	24	5,1

Таблица Б.5 – Типовые прямоугольные подземные резервуары для воды из сборного железобетона

Номер проекта	Объем, м <sup>3</sup>	Длина, м	Ширина, м	Глубина, м
901-4-57.83	50	6	3	3,64
901-4-58.83	100; 150; 200; 250;	6;9; 12; 15	6	3,64
901-4-59.83	500; 700; 1000; 1200	12; 18; 24; 30	12	3,64
901-4-65.83	500; 600; 800; 900; 1000; 1200; 1300; 1400	12; 15; 18; 21; 24; 27; 30; 33	12	3,51
901-4-60.83	1400; 1900; 2400	18; 24; 30	18	4,84
901-4-66.83	1600; 1800; 2000; 2400; 2600	18; 21; 24; 27; 30	18	4,72
901-4-61.83	2500; 3200; 3900	24; 30; 36	24	4,84
901-4-62.83	5000; 6000; 7000; 8000; 9000; 10000; 11000	30; 36; 42; 48; 54; 60; 66	36	4,84
901-4-63.83	12000; 13000; 15000; 16000; 18000; 20000	48; 54; 60; 66; 72; 78	54	4,84

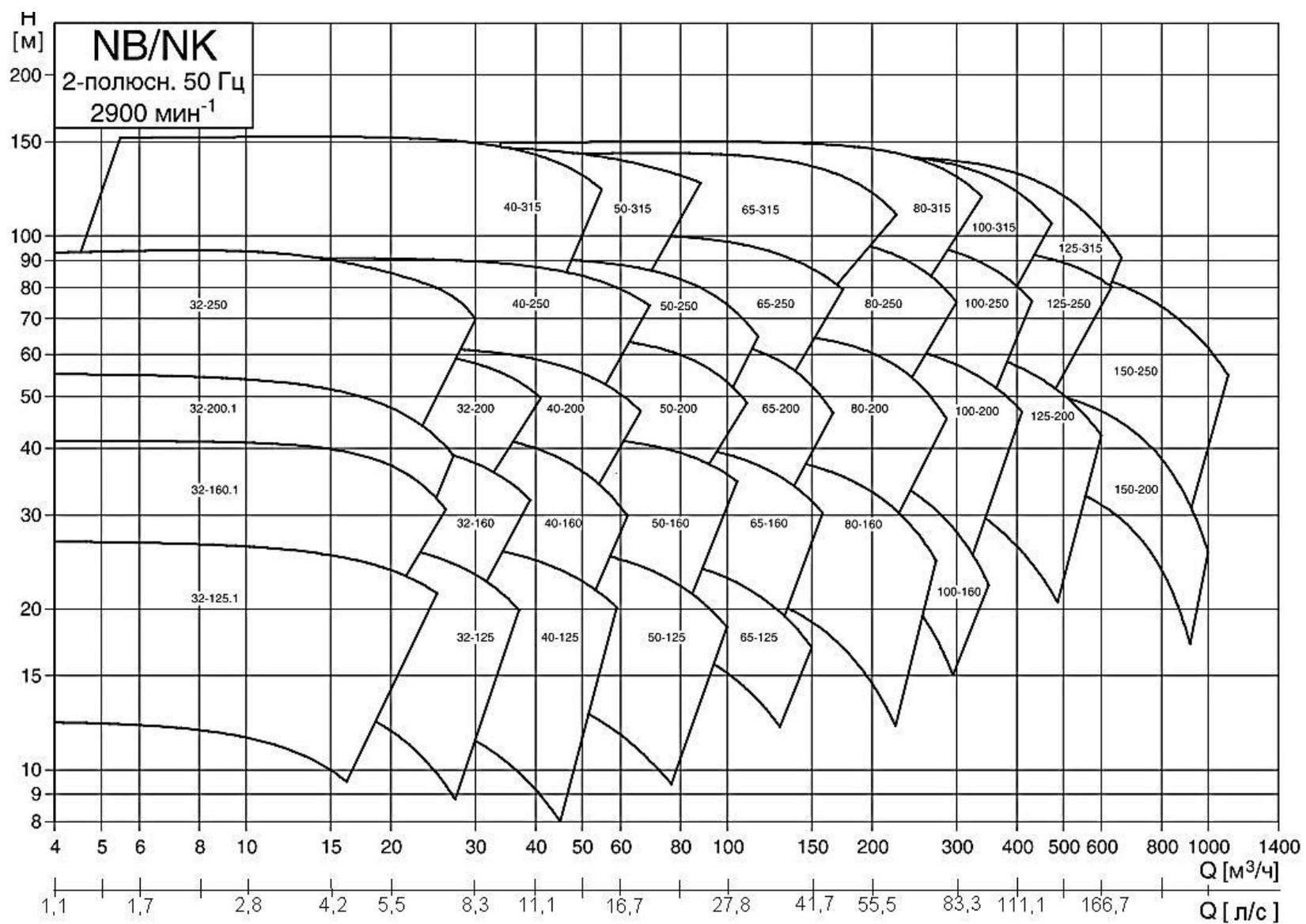


Рисунок Б.2 - Сводный график рабочих полей центробежных насосов консольного типа (<http://ru.grundfos.com>)

*Учебное издание*

*Составители:*

*Горбачева Мария Петровна*

*Есин Александр Иванович*

## **РАСЧЁТ ОБЪЕДИНЕННОГО ВОДОПРОВОДА**

Методические указания по выполнению курсовой работы  
по дисциплинам «Инженерные системы водоснабжения и водоотведения»,  
«Противопожарное водоснабжение»

Печатается в авторской редакции

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»  
410012, Саратов, Театральная пл., 1