

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра тракторов и автомобилей

ГИДРАВЛИКА

РАСЧЕТ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

*Для студентов, обучающихся по направлению подготовки
35.03.06 Агроинженерия, направленности «Информационные технологии
в электроэнергетике», «Электрооборудование и электротехнологии»,
всех форм обучения*

КАРАВАЕВО
Костромская ГСХА
2021

УДК 631.672 (075.8)

ББК 30.123

Г 46

Составитель: канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры тракторов и автомобилей Костромской ГСХА *И.Л. Соколов.*

Рецензент: д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры тракторов и автомобилей Костромской ГСХА *А.Н. Зинцов.*

*Рекомендовано методической комиссией
электроэнергетического факультета в качестве методических указаний
по выполнению расчетно-графической работы для студентов,
обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия,
направленности «Информационные технологии в электроэнергетике»,
«Электрооборудование и электротехнологии», всех форм обучения*

Г 46 Гидравлика. Расчет водоснабжения поселка : методические указания по выполнению расчетно-графической работы / И.Л. Соколов. — Караваево : Костромская ГСХА, 2021. — 24 с. : ил. ; 20 см. — 50 экз. — Текст непосредственный.

Издание содержит сведения по методике выполнения расчетно-графической работы, необходимые справочные данные. Предназначено для контактной и самостоятельной работы при изучении дисциплины «Гидравлика» студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленности «Информационные технологии в электроэнергетике», «Электрооборудование и электротехнологии», всех форм обучения.

УДК 631.672 (075.8)

ББК 30.123

© ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 2021

© И.Л. Соколов, составление, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВСЕМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ	5
2. РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ	7
2.1. Определение расчетных расходов на участках водопроводной сети	8
2.2. Распределение воды в кольце	11
2.3. Определение диаметров труб, скорости и потерь напора.....	12
2.4. Увязка кольцевого участка сети	13
2.5. Определение поправочного расхода	13
3. РАСЧЕТ МАГИСТРАЛИ	14
4. РАСЧЕТ ВЫСОТЫ И ЕМКОСТИ БАКА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ.....	14
5. РАСЧЕТ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ.....	17
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	18
ПРИЛОЖЕНИЯ	19

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

$Q_{\text{ср.сут}}$	— среднесуточное потребление воды, м ³ /сут.
$K_{\text{сут.мах}}$	— максимальный коэффициент суточной неравномерности.
$Q_{\text{сут.мах}}$	— расход воды в сутки с максимальным водопотреблением, м ³ /сут.
$K_{\text{ч}}$	— коэффициент часовой неравномерности.
$Q_{\text{ч.мах}}$	— расход воды в час наибольшего водопотребления, м ³ /ч.
$q_{\text{уд}}$	— удельный путевой расход, л/(с·м).
$q_{\text{пут.}}$	— путевой расход, л/с.
$q_{\text{к}}$	— количество воды, входящей в кольцевой участок, л/с.
$q_{\text{пож}}$	— расход воды на противопожарные нужды, л/с.
d	— диаметр трубы, м.
v	— скорость движения воды в трубе, м/с.
$K_{\text{п}}$	— поправочный коэффициент к значениям A .
A	— удельное сопротивление трубы, с ² /м ⁶ .
h	— потери напора, м.
Δh	— неувязка кольцевого участка, м.
Δq	— поправочный расход, л/с.
$H_{\text{б}}$	— высота водонапорной башни, м.
$H_{\text{г}}$	— геометрическая высота подъема воды, м.
$H_{\text{св}}$	— свободный напор, м.
$W_{\text{б}}$	— объем бака водонапорной башни, м ³ .
$W_{\text{р}}$	— регулирующий объем, м ³ .
$W_{\text{н.п.з.}}$	— неприкосновенный противопожарный запас воды, м ³ .
H_i	— напор, располагаемый сетью в точке присоединения ответвления к магистрали, м.
$h_{\text{доп}}$	— допустимые потери на ответвлении, м.
i	— гидравлический уклон.
Z	— геодезическая отметка, м.
$ВБ$	— водонапорная башня.
$ВС$	— водопроводная сеть
1-2, 2-3 и т.д.	— участки водопроводной сети.
A, T, Φ	— вид потребителя (соответственно автомобили, тракторы, ферма)

ВВЕДЕНИЕ

При изучении раздела «Водоснабжение» дисциплины «Гидравлика» студенты инженерных факультетов выполняют расчетно-графическую работу по расчету водоснабжения поселка.

Система водоснабжения любого объекта (населенного пункта, промышленного или сельскохозяйственного предприятия) должна обеспечивать получение воды из природных источников, ее очистку (в случае необходимости) и передачу к месту потребления. Хорошо налаженное водоснабжение необходимо для создания культурной социальной сферы и высокопродуктивного сельскохозяйственного производства.

Наибольшая эффективность водоснабжения достигается тогда, когда потребности в воде удовлетворяются с помощью системы водоснабжения, в которой все процессы добывания и транспортирования воды механизированы.

Цель расчетно-графической работы — провести гидравлический расчет водопроводной сети, определить высоту и емкость водонапорной башни. Гидравлический расчет водопроводной сети заключается в определении по установленным расчетным расходам наиболее выгодных диаметров труб и соответствующих потерь напора для каждого участка сети.

Выполнение расчетно-графической работы способствует закреплению знаний, полученных на лекциях, в ходе лабораторных и практических занятий. В методических указаниях приведены основные требования к выполнению разделов работы, нормативные и справочные материалы, изложены пути решения поставленных задач, указаны необходимые литературные источники.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВСЕМИ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Расчет водопотребления сводится к определению:

- расчетного (среднего за год) суточного расхода воды;
- расчетного расхода воды в сутки наибольшего водопотребления;
- секундного среднего расхода воды в сутки наибольшего водопотребления;
- расчетного суточного расхода коммунальных предприятий, животноводческих ферм.

Каждая категория потребителей за сутки расходует воды $Q_{\text{ср.сут}}$, м³/сут:

$$Q_{\text{ср.сут}} = \frac{N_i q_i}{1000}$$

где $Q_{\text{ср.сут}}$ — расчетное (среднее за год) суточное водопотребление;

N_i — количество однотипных водопотребителей (жители, животные, автомобили, тракторы и т.п.);

q_i — удельное водопотребление на одного потребителя (норма суточного расхода), л/сут.

Данные для расчета приведены в задании на расчетно-графическую работу и в приложениях 1-3.

Расчетный расход в сутки наибольшего водопотребления $Q_{сут.max}$, м³/сут:

$$Q_{сут.max} = K_{сут.max} Q_{ср.сут},$$

где $K_{сут.max}$ — максимальный коэффициент суточной неравномерности водопотребления, зависит от степени благоустройства застроек, режима водопотребления по сезонам года и дням недели.

Следует принимать для коммунального сектора и животноводческого комплекса $K_{сут.max} = 1,3$. На предприятиях и на различных стационарных установках, где вода расходуется по определенному графику, водопотребление имеет равномерный характер, поэтому $K_{сут.max} = 1,0$ для производственно-технических нужд.

Распределение расходов воды по часам суток в коммунальном секторе зависит от коэффициента часовой неравномерности водопотребления $K_ч$.

Расчетный расход воды в час наибольшего водопотребления, $Q_{ч.max}$, м³/ч:

$$Q_{ч.max} = \frac{Q_{сут.max} K_ч}{24},$$

где $K_ч$ — коэффициент часовой неравномерности.

Коэффициент часовой неравномерности определяется по формуле:

$$K_ч = \alpha \beta,$$

где α — коэффициент, учитывающий степень благоустройства, изменяется в пределах от 1,2-1,4 (чем выше степень благоустройства, тем выбирают меньшее значение);

β — коэффициент, учитывающий число жителей, приложение 4.

Примечание. Для животных принимают $K_{чф} = 2,5$; для машинно-тракторного парка принимают $K_{чМТП} = 3$.

Расчетное значение часового расхода переводят из м³/ч в л/с по формуле:

$$q_{ч.max} = \frac{Q_{ч.max}}{3,6}, \text{ л/с.}$$

Расход воды на нужды местной промышленности и прочие неучтенные расходы принимают 10-20% суммарного расхода на хозяйственно-питьевые нужды населенного пункта.

Все расчеты сводятся в таблицу 1.

Таблица 1. Определение расчетных суточных расходов воды

Водопотребитель	Число единиц	Норма водопотребления q , л/сут	$Q_{\text{ср.сут}}$, м ³ /сут.	$Q_{\text{сут.мах}}$, м ³ /сут.	$Q_{\text{ч.мах}}$, м ³ /ч	$q_{\text{ч.мах}}$, л/с
Жители						
Автомобили						
Тракторы						
Животные						
Всего:	—	—				

Суточная неравномерность водопотребления учитывается типовыми графиками суточного водопотребления.

2. РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Точно определить отбор воды из сети различными потребителями трудно. Поэтому в расчетах условно принимают упрощенную схему водоразбора, допуская, что часть воды, которая поступает в сеть, забирают в заданных узлах, а остальная часть расходуется равномерно по длине сети.

Расходы воды, отбираемые в определенных узлах сети, называют **сосредоточенными**. К ним можно отнести следующих потребителей: промышленные предприятия, больница, животноводческий сектор, баня и т. д.

Вода, расходуемая равномерно по всей длине сети, называется **путевым расходом** (на рисунке 1 изображается маленькими стрелками).

Место соединения магистрали и ответвления называется **узлом сети**, а часть магистрали между двумя соседними узлами называется **участком сети**. **Магистраль** — это участок водопроводной сети от водонапорной башни ВБ до диктующей точки ДТ. **Диктующая точка** — последняя точка магистрали.

Распределение расходов можно начинать от ВБ и вести расчет далее до ДТ (**рекомендуется при выполнении РГР**). Можно начинать с самого удаленного от башни узла и вести расчет по участкам сети к ВБ против движения воды.

Кольцевая водопроводная сеть — это более совершенный тип распределительной сети, необходимый для бесперебойного водоснабжения, что гарантируется в данном случае возможностью двухстороннего питания водой любого потребителя.

Кольцевую сеть рассчитывают в следующей последовательности:

1. Определяют путевые расходы на всех участках сети.
2. Определяют расход в каждом узле кольца.
3. Следует наметить предварительное распределение потоков воды по ее линиям. При этом нужно учесть принцип подачи для питания удаленных потребителей, а также взаимозаменяемость отдельных участков при аварии. В РГР

рекомендуется назначать движение воды в кольце следующим образом: 1) в двух участках — по часовой стрелке (вправо); 2) в двух оставшихся — против часовой стрелки (влево).

4. По принятым расходам участков подбирают диаметр труб.

В кольцевых сетях значение расходов на участках должны одновременно удовлетворять уравнениям первого и второго законов Кирхгофа:

1. $\sum q = 0$ — уравнение баланса расходов (количество воды, притекающей к узлу, равно количеству воды, вытекающей из него).
2. $\sum h = 0$ — алгебраическая сумма потерь напора в кольце должна быть равна нулю.

2.1. Определение расчетных расходов на участках водопроводной сети

Для определения путевого расхода пользуются понятием удельного расхода, т.е. расхода, приходящегося на единицу длины. Условно допускают, что вся территория населенного пункта заселена с одинаковой плотностью и водопотребление, отнесенное к 1 м магистрали, для всей распределительной сети является постоянной величиной.

Удельный расход $q_{уд}$, л/(с·м):

$$q_{уд} = \frac{q_{ч.мах}}{\sum l_i}, \quad (1)$$

где $q_{ч.мах}$ — максимальный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, л/с.

В знаменателе — общая длина сети, из которой воду разбирают равномерно по всей длине.

Путевой расход для каждого участка $q_{пут.уч}$, л/с:

$$q_{пут.уч} = q_{уд} l_{уч}, \quad (2)$$

где $l_{уч}$ — длина соответствующего участка сети, м.

Расчетный расход, протекающий через данный участок магистрали, складывается из транзитного расхода $q_{тр}$, идущего для питания последующих участков, путевого расхода $q_{пут.уч}$, отдаваемого каждым участком потребителям, и сосредоточенного (узлового) расхода $q_{соср}$, забираемого непосредственно в узле.

Заменяем путевые расходы на соответствующем участке сосредоточенными в начале и в конце участка по $0,5 q_{пут.уч}$:

$$q_A = q_B = 0,5 q_{пут.уч}, \text{ л/с.} \quad (3)$$

Пример приведен на рисунке 1.

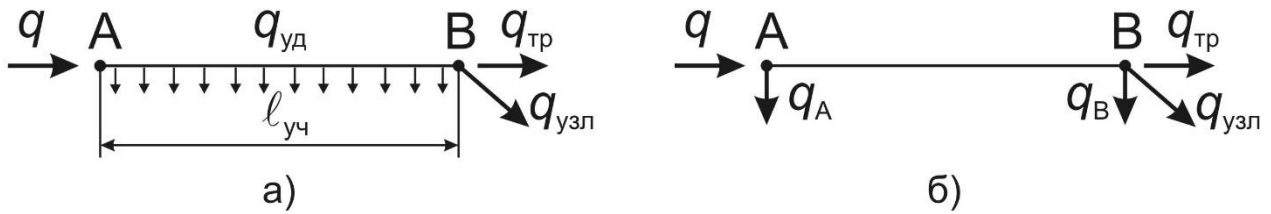


Рисунок 1 — Замена равномерного путевого расхода сосредоточенным:
 а) — участок сети до замены; б) — участок сети после замены

Тогда расчетный расход для участка водопроводной сети $q_{\text{расч.А-В}}$, л/с:

$$q_{\text{расч.А-В}} = q_{\text{тр}} + q_{\text{В}} + q_{\text{узл}}. \quad (4)$$

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение и расчетное число одновременных пожаров n в населенных пунктах зависит от числа жителей в нем и этажности зданий (приложение 5). Расчетный расход воды для тушения внутреннего пожара принимают по СНиП 2.04.01—85.

Порядок расчета сети на пожар ведут в следующей последовательности: на расчетной схеме намечают место пожара (самый удаленный узел). Узловой расход, где намечен пожар, определяют следующим выражением:

$$q = q_{\text{узл}} + q_{\text{пож}},$$

где q — расход в узле, где намечен пожар, л/с;

$q_{\text{узл}}$ — узловой расход, вычисленный при расчете сети, л/с;

$q_{\text{пож}}$ — расход, необходимый для тушения пожара, л/с.

Расходы остальных узлов остаются такими же.

Пример. Определение расчетных расходов на участках водопроводной сети (рисунок 2).

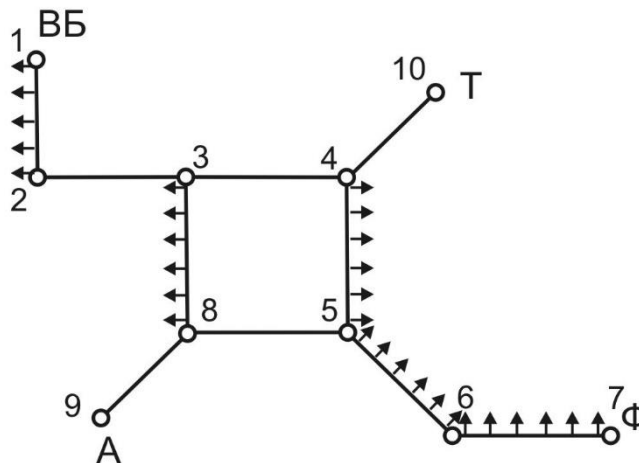


Рисунок 2 — Схема водопроводной сети

Расчет ведем по формулам (1-4) из раздела 2.1.

1. Удельный расход $q_{уд}$, л/(с·м):

$$q_{уд} = \frac{q_{ч.max}}{l_{1-2} + l_{3-8} + l_{4-5} + l_{5-6} + l_{6-7}}.$$

2. Путь расход для каждого участка:

$$q_{пут.1-2} = q_{уд} l_{1-2} \text{ л/с,}$$

$$q_{пут.3-8} = q_{уд} l_{3-8} \text{ л/с,}$$

$$q_{пут.4-5} = q_{уд} l_{4-5} \text{ л/с,}$$

$$q_{пут.5-6} = q_{уд} l_{5-6} \text{ л/с,}$$

$$q_{пут.6-7} = q_{уд} l_{6-7} \text{ л/с.}$$

3. Расход воды в узлах кольцевого участка:

$$q_3 = 0,5 q_{пут.3-8} \text{ л/с,}$$

$$q_8 = 0,5 q_{пут.3-8} \text{ л/с,}$$

$$q_4 = 0,5 q_{пут.4-5} \text{ л/с,}$$

$$q_5 = 0,5 (q_{пут.4-5} + q_{пут.5-6}) \text{ л/с.}$$

4. Расчетный расход на участках (ответвлениях):

$$q_{6-7} = 0,5 q_{пут.6-7} + q_{\Phi} + q_{\text{пож}} \text{ л/с,}$$

$$q_{5-6} = 0,5 q_{пут.5-6} + q_{пут.6-7} + q_{\Phi} + q_{\text{пож}} \text{ л/с,}$$

$$q_{4-10} = q_T \text{ л/с,}$$

$$q_{8-9} = q_A \text{ л/с.}$$

5. Количество воды, поступающей в кольцо q_k , л/с:

$$q_k = q_{пут.3-8} + q_{пут.4-5} + q_{пут.5-6} + q_{пут.6-7} + q_{\Phi} + q_T + q_A + q_{\text{пож}}.$$

2.2. Распределение воды в кольце

Направление движения воды в кольце сети (рисунок 2) назначается предположительно на основании топографических данных, длин отдельных участков трубопроводов и т.д.

Пример распределения воды в кольце для схемы водопроводной сети, представленной на рисунке 2, приведен на рисунке 3.

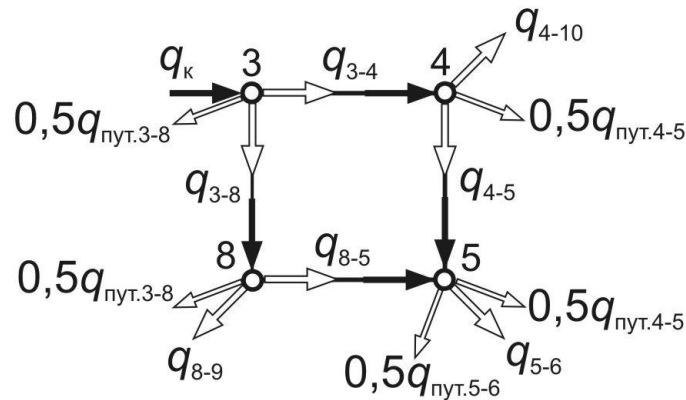


Рисунок 3 — Распределение воды в кольце

Рассмотрим узел 3. В него поступает количество воды q_k . Вытекает сосредоточенный расход, равный $0,5 q_{\text{пут.3-8}}$. Оставшееся количество воды ($q_k - 0,5 q_{\text{пут.3-8}}$) распределяем поровну между участками 3-4 и 3-8. Поэтому расчетные расходы:

$$q_{3-4} = q_{3-8} = \frac{q_k - 0,5q_{\text{пут.3-8}}}{2} \text{ л/с.}$$

Рассмотрим узел 4. В него поступает количество воды q_{3-4} . Вытекает сосредоточенный расход, равный $0,5 q_{\text{пут.3-8}}$ и расход $q_{8-9} = q_A$ (потребление тракторами). Оставшееся количество воды поступает в участок 4-5. Расчетный расход:

$$q_{4-5} = q_{3-4} - 0,5q_{\text{пут.4-5}} - q_T \text{ л/с.}$$

Рассмотрим узел 8. В него поступает количество воды q_{3-4} . Вытекает сосредоточенный расход, равный $0,5 q_{\text{пут.4-5}}$ и расход $q_{4-10} = q_T$ (потребление автомобилями). Оставшееся количество воды поступает в участок 8-5. Расчетный расход:

$$q_{8-5} = q_{3-8} - 0,5q_{\text{пут.3-8}} - q_A \text{ л/с.}$$

Рассмотрим узел 5. В нем необходимо выполнить проверку правильности расчетов; складываем количество воды, поступающей в узел, и сравниваем с суммой количества вытекающей воды:

$$q_{4-5} + q_{8-5} = 0,5q_{\text{пут.4-5}} + 0,5q_{\text{пут.5-6}} + q_{5-6},$$

где расчетный расход q_{5-6} находится по формуле:

$$q_{5-6} = 0,5q_{\text{пут.5-6}} + q_{\text{пут.6-7}} + q_{\text{ф}} + q_{\text{пож}} \text{ л/с.}$$

Примечание. В расчетно-пояснительной записке РГР на схеме (как на рисунке 3) все расходы указать в общем виде и в численном выражении.

2.3. Определение диаметров труб, скорости и потерь напора

Диаметр трубы d , м:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{q}{v_{\text{эк}}}},$$

где q — расчетный расход на соответствующем участке, м³/с;

$v_{\text{эк}}$ — экономичная скорость движения воды в трубе, м/с.

Экономичная скорость — это скорость, при которой достигается минимальная стоимость сооружения трубопровода и его дальнейшая эксплуатация. Для всего сортамента труб экономичные скорости находятся в пределах 0,6-1,5 м/с. При начальных расчетах рекомендуется принимать $v_{\text{эк}}$ — 0,9-1,2 м/с.

Примечание. В РГР принимаем $v_{\text{эк}} = 1,0$ м/с.

Вычисленный по формуле диаметр d приводим к большему стандартному значению диаметра. Для выбранного диаметра определяем удельное сопротивление трубы A (с²/м⁶) (приложение 6).

Затем уточняем действительную скорость v_d , м/с:

$$v_d = \frac{4q}{\pi d^2}.$$

Если $v_d < 1,2$ м/с, вычисляем $K_{\text{п}}$ — поправочный коэффициент к значениям A :

$$K_{\text{п}} = 0,852 \left(1 + \frac{0,867}{v_d} \right)^{0,3}. \quad (5)$$

При $v_d > 1,2$ принимаем $K_{\text{п}} = 1$.

Потери напора на каждом участке водопроводной сети h , м:

$$h = K_{\text{п}} A q^2 l, \quad (6)$$

где A — удельное сопротивление трубы, с²/м⁶,

l — длина участка, м.

После вычисления потерь напора на всех участках проводят увязку сети.

2.4. Увязка кольцевого участка сети

Перед увязкой кольцевого участка нужно определить, какие участки входят в магистраль. В расчетно-графической работе предполагается, что магистраль проходит от водонапорной башни ВБ по верхнему и правому участку кольца и затем к наиболее удаленному потребителю — животноводческой ферме.

Потери напора условно будем брать со знаком (+) на тех участках сети, где направление потока совпадает с направлением часовой стрелки, и со знаком (-), где движение направлено против часовой стрелки. Складывают потери напора для каждой зоны со своим знаком и получают значение неувязки сети Δh . Должно соблюдаться условие второго закона Кирхгофа. Допускается неувязка сети $\Delta h < 0,5$ м. Если условие не выполняется, то проводят увязку кольцевого участка сети способами, указанными в п. 2.5.

2.5. Определение поправочного расхода

1. Если $\Delta h > 0,5$ м, то перегружено направление расходов по ходу часовой стрелки. Отсюда следует, что поправочный расход Δq нужно пропустить в направлении, обратном знаку величины Δh .

Поправочный расход Δq , л/с:

$$\Delta q = \frac{\pm \Delta h}{2 \sum K_{\Pi} A l q'}$$

где $\pm \Delta h$ — неувязка потерь напора в данном кольце, м.

Для участков зоны кольца, где потери были выше, уменьшают расход на Δq , а для зоны участков с противоположным знаком, где потери были меньше, соответственно увеличивают расходы на такую же величину.

2. Поправочный расход для кольца, имеющего неувязку $\pm \Delta h$, М.М. Андрияшев рекомендует рассчитывать по приближенной формуле:

$$\Delta q = \frac{\pm \Delta h}{2 \sum h} q_{\text{ср}},$$

где $\pm \Delta h$ — неувязка потерь напора в кольце (берут с определенным знаком), м;

$\sum h$ — сумма абсолютных потерь напора по кольцу, м;

$q_{\text{ср}}$ — средний расход участков, входящих в кольцо, л/с:

$$q_{\text{ср}} = \frac{\sum q_i}{n},$$

где $\sum q_i$ — арифметическая сумма расходов всех участков кольца, л/с;

n — число участков в кольце.

Поправочный расход Δq кольца прибавляют к первым расчетным расходам тех участков, на которых направление движения воды совпадает со знаком

поправочного расхода, и вычитают из расчетных расходов, если направление воды не совпадает со знаком.

Далее после увязки определяют значения расчетных расходов, проводят расчет кольцевого участка по формулам (5, 6), приведенным в разделе 2.3.

3. Также увязочный расход можно принимать произвольно. Подбираются начальные значения задаваемых скоростей на участках кольца. Значение скорости варьируется в допустимых пределах так, чтобы значение расчетного диаметра смещалось к соседнему по таблице значению. При необходимости уменьшения потери на участке нужно выбирать меньшее значение скорости и наоборот. Следует учитывать, что уточненное значение скорости не должно превышать рекомендуемые значения.

3. РАСЧЕТ МАГИСТРАЛИ

Магистраль — это часть водопроводной сети от ВБ до диктующей точки (наиболее удаленной). Если же диктующая точка не задана, то магистраль выбирают из соображений, чтобы потери напора от ВБ до конца магистрали были максимальными. Это наиболее протяженный и нагруженный (по расходу) участок сети. Тогда диктующей точкой будет последняя точка магистрали. Задачей гидравлического расчета участков, входящих в магистраль, является определение диаметров труб с тем, чтобы пропускная способность их была достаточна при всех случаях работы водопровода, а потери напора сети были минимальными. Расчет производится с последнего от водонапорной башни участка. Далее определяют расчетный расход воды на участке, диаметр трубы, действительную скорость и потери на участках по вышеуказанным формулам в разделах 2.1, 2.3.

Потери на отдельных участках суммируют и получают общие потери напора по длине магистрали h_l , м:

$$h_l = \sum_1^n h_{l_i}.$$

Потери напора в местных сопротивлениях не рассчитываются. Их учитывают в размере 10% от суммарных потерь по длине.

Общие потери h , м:

$$h = 1,1h_l.$$

В расчетно-графической работе выбрать магистраль и представить схему магистрали с указанием участков водопроводной сети и видов потребителей.

4. РАСЧЕТ ВЫСОТЫ И ЕМКОСТИ БАКА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ

Для нормальной работы внешней водопроводной сети в ней должен быть создан напор, достаточный для бесперебойной подачи по трубам расчетных расходов в диктующую точку. Напор должен быть достаточен для преодоления сопротивлений в сети и обеспечивать в диктующей точке свободный напор,

необходимый для дальнейшего распределения воды через внутреннюю водопроводную сеть и водоразборные приборы. Высота водонапорной башни должна обеспечивать поступление воды под требуемым напором к диктующей точке.

Высота водонапорной башни (до дна бака) H_6 , м:

$$H_6 = h + H_{\Gamma} + H_{\text{св}},$$

где H_{Γ} — геометрическая высота подъема воды, м;

$H_{\text{св}}$ — свободный напор, м.

Значения высоты башни (поддерживающей бак конструкции) обычно лежат в пределах 15...30 м.

Геометрическая высота подъема воды определяется по формуле:

$$H_{\Gamma} = z_{\text{дт}} - z_{\text{вб}},$$

где $z_{\text{дт}}$ — отметка геодезического уровня диктующей точки, м;

$z_{\text{вб}}$ — отметка геодезического уровня у ВБ, м.

Свободный напор зависит от этажности жилой застройки $H_{\text{св}}$, м:

$$H_{\text{св}} = 4(m - 1) + 10,$$

где m — количество этажей.

Водонапорные башни, размещаемые на сети, позволяют повысить не только равномерность работы системы, но и в значительной степени ее надежность. Наличие в баках напорных емкостей определенного объема позволяет сократить период нарушения нормального водообеспечения потребителей при авариях. В баке водонапорной башни должен храниться неприкосновенный противопожарный запас воды, рассчитанный на 10-минутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожаров при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды. Предполагается, что в течение первых 10 мин на насосной станции будут включены пожарные насосы, которые обеспечат подачу расчетного пожарного и максимального секундного расходов на другие нужды в течение 3 часов наибольшего водопотребления. Башню на период тушения пожара отключают.

Для расчетов необходимо построить интегральные графики потребления воды населением и подачи ее в водонапорную башню насосной станцией. Интегральный график строится на основании данных приложения 8 путем последовательного суммирования за каждый последующий час расходов различных видов потребителей. Необходимо определить, какое количество воды за каждый час расходуется каждым из потребителей. Затем эти значения суммируют и находят процентное отношение полученной суммы к максимальному суточному расходу всех потребителей (противопожарный расход не учитывается). Этот показатель наносится на график за каждый последующий час. Необходимо помнить, что при правильных расчетах сумма ~~100%~~ расходуемой воды за 24 часа должна составить

Если максимальный суточный расход производственных потребителей составляет менее 3% от максимального суточного расхода на хозяйственно-питьевые нужды, то интегральный график водопотребления строится только для населенного пункта. График работы насосной станции выбирают такой, чтобы сумма максимальных разностей по избытку и недостатку (a, b) была бы наименьшей, то есть чтобы регулирующая емкость бака была бы минимальной (рисунок 4).

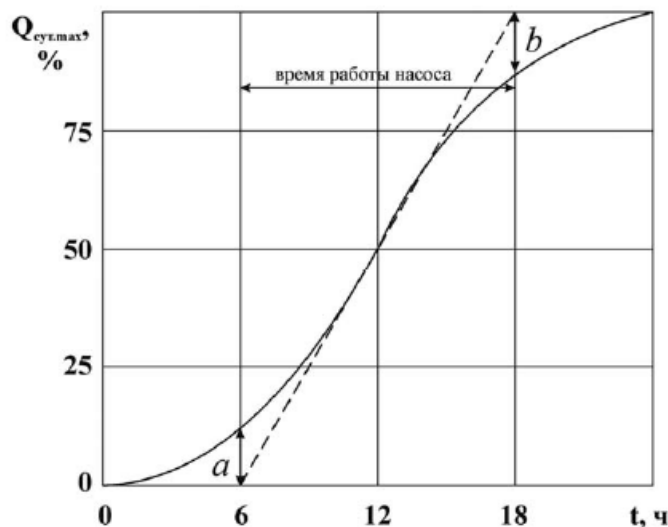


Рисунок 4 — Интегральный график водопотребления поселка и работы насосной станции:

— — кривая водопотребления;
 - - - - работа насосной станции

Объем бака водонапорной башни W_6 , м³:

$$W_6 = W_p + W_{\text{н.п.з.}},$$

где W_p — регулирующий объем, м³:

$$W_p = \frac{Q_{\text{сут.макс}}(a+b)}{100},$$

где a, b — максимальные разности ординат интегральных графиков подачи и потребления соответственно по избытку и недостатку, % от расчетного суточного расхода воды;

$W_{\text{н.п.з.}}$ — неприкосновенный 10-минутный противопожарный запас воды, м³:

$$W_{\text{н.п.з.}} = 60tq_{\text{пож}},$$

где t — продолжительность тушения пожара из башни, мин, $t = 10$ мин;

$q_{\text{пож}}$ — принятый при расчете сети расчетный расход воды на тушение пожара, м³/с.

При выборе продолжительности работы насосной станции следует учитывать, что время работы насоса влияет на его производительность. Изменяя ее, можно подстраиваться под марки различных насосов.

Время работы насоса рекомендуется выбирать из следующего ряда: 4, 6, 8, 12, 16 часов.

5. РАСЧЕТ ПРОСТЫХ И СЛОЖНЫХ ОТВЕТВЛЕНИЙ

Ответвление, состоящее из одного участка, называется **простым**, двух и более — **сложным**. Расчет ответвлений ведется в следующей последовательности. Определяют напор, располагаемый сетью в точке присоединения ответвления к магистрали H_i , м:

$$H_i = H_6 - 1,1 \sum_1^n h_{il},$$

где $\sum_1^n h_{il}$ — сумма потерь напора от ВБ до точки присоединения ответвления к магистрали.

Далее определяют допустимые потери на ответвлении $h_{\text{доп}}$, м:

$$h_{\text{доп}} = H_i - H_{\text{св}},$$

где $H_{\text{св}}$ — свободный напор для здания (предприятия), находящегося в конце ответвления, м.

Примечание. В РГР для машинно-тракторного парка, автомобильного парка и животноводческой фермы принимаем $H_{\text{св}}=10$ м.

Гидравлический уклон на ответвлении i :

$$i = \frac{h_{\text{доп}}}{l_{\text{уч}}},$$

Характеристика (удельное сопротивление) трубы A , $\text{с}^2/\text{м}^6$:

$$A = \frac{i}{q^2},$$

где q — действительный расход на каждом из участков ответвления, $\text{м}^3/\text{с}$.

Действительный расход определяется следующим образом: к расчетному расходу на участке нужно прибавить пожарный расход, т.к. пожар может возникнуть в любой точке сети, затем по значению A (см. приложение 6) выбирают ближайший больший диаметр трубы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 02.04.02-84, 02.04.01-85 Водопровод, наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. — М. : АПП ЦИТП, 1991. — 13 с.
2. Калицун, В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация / В.И. Калицун, В.С. Кедров и др. — М. : Стройиздат, 1980. — 351 с.
3. Канторович, Б.В. Гидравлика, водоснабжение и гидросиловые установки / Б.В. Канторович, Н.К. Кузнецов. — М. : Сельхозиздат, 1961. — 551 с.
4. Николадзе, Г.И. Водоснабжение / Г.И. Николадзе. — М. : Стройиздат, 1989. — 496 с.
5. Примеры расчетов по гидравлике / под ред. А. Д. Альтшуля. — М. : Стройиздат, 1977. — 255 с.
6. Усаковский, В.М. Водоснабжение в сельском хозяйстве / В.М. Усаковский. — М. : Агропромиздат, 1989. — 280 с.
7. Оводова, Н.В. Расчеты проектирования сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения / Н.В. Оводова. — М. : Колос, 1995. — 256 с.
8. Рудобашта, С.П. Тепло- и водоснабжение сельского хозяйства / С.П. Рудобашта, Н.И. Барановский и др. — М. : Колос, 1997. — 509 с.
9. Палишкин, Н.А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение / Н.А. Палишкин. — М. : Агропромиздат, 1990. — 351 с.
10. Костюченко, Э.В. Практикум по гидравлике и гидромеханизации сельскохозяйственных процессов / Э.В. Костюченко, В.И. Лаптев, Л. А. Холодок. — Мн. : Ураджай, 1991. — 272 с.
11. Брюханов, О.Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики : учебник / О.Н. Брюханов, В.И. Коробко. — М. : ИНФРА-М, 2005. — 254 с.
12. Лепешкин, А.В. Гидравлические и пневматические системы / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин; под ред. проф. Ю.А. Беленкова. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2005. — 336 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления для коммунального сектора

Степень благоустройства районов застройки	Нормы водопотребления на 1-го жителя, (среднесуточное за год), л/сут.
Здания с внутренним водопроводом и канализацией (без ванн)	125...160
Здания с внутренним водопроводом и канализацией с ваннами и местными водонагревателями	160...230
Здания с внутренним водопроводом, канализацией и системой централизованного горячего водоснабжения	230...350

Примечания:

1. Для зданий без благоустройства с водопользованием из водоразборных колонок норма водопотребления составляет 30.. .50 л/сут.
2. Если число жителей < 3000 человек, то берут минимальное значение, если ≥ 3000 , то максимальное.

Приложение 2

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления для животных

Вид животных	Норма водопотребления на 1 гол., л/сут.
Коровы молочные	100
Коровы мясные	10
Быки и нетели	60
Молодняк КРС до 2-х лет	30
Телята до 6 месяцев	20
Лошади рабочие	60
Лошади племенные	80
Жеребята до 1,5 лет	45
Овцы взрослые	10
Молодняк овец	6
Свиноматки с поросятами	60
Свиньи на откорме	15
Куры	1
Утки и гуси	2
Норки и соболи	3
Лисицы и песцы	7
Кролики	3

Приложение 3

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления для машинно-тракторного парка

Вид потребителя	Норма водопотребления, л/сут.
Тракторы	120-140
Автомобили	140-160

Примечание: в РГР принимаем минимальные значения норм водопотребления для МТП

Приложение 4
Значение коэффициента β

Количество жителей, тыс. чел. до	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4	5	10	20
β	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,2	2,0	1,88	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2

Приложение 5
Нормы расхода воды для тушения пожаров

Число жителей	Расчетное число одновременных пожаров	Расход воды на 1 пожар, л/с, при застройке зданиями	
		до 2-х этажей	3-х и более этажей
до 1 000	1	5	10
5 000	1	10	10
10 000	1	10	15
25 000	2	10	15
50 000	2	20	25

Расчетные значения удельных сопротивлений A и коэффициентов скорости m

Условный проход d , мм	Стальные водогазопроводные (ГОСТ 2362—75)	Стальные электросварные (ГОСТ 10704—76 и ГОСТ 8696—74)	Чугунные напорные (ГОСТ 9583—75 и ГОСТ 21053—75) класса ЛА, А, Б	Асбестоцементные, напорные (ГОСТ 539—80)	
				класса ВТ6, ВТ9	класса ВТ 12
1	2	3	4	5	6
Значения A					
50	11080	3686	-	-	-
60	-	2292	-	-	-
70	3009	-	-	-	-
75	-	929,4	-	-	-
80	1167	454,3	0,9485	-	-
90	529,4	-	-	-	-
100	281,3	172,9	311,7	187,7	-
125	86,22	76,36	96,72	-	-
150	33,94	30,65	37,11	31,55	39,54
200	-	6,959	8,092	6,898	8,632
250	-	2,187	2,528	2,227	2,605
300	-	0,8466	0,9485	0,914	1,083
350	-	0,3731	0,4365	0,4342	0,5115
400	-	0,1859	0,2189	0,2171	0,2579
450	-	0,09928	0,1186	-	-
500	-	0,05784	0,06778	0,07138	0,08489
Значения m					
50	0,471	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
75	-	-	-	-	-

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6
80	0,201	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	0,115	-	0,131	0,127	0,138
125	0,0754	-	0,0828	-	-
150	0,05	-	0,0574	0,0637	0,07
200	-	0,0325	0,0321	0,0356	0,039
250	-	0,02	0,0207	0,0231	0,246
300	-	0,0187	0,0141	0,0163	0,0175
350	-	0,01	0,0104	0,0123	0,013
400	-	0,00772	0,00798	0,0094	0,0105
450	-	0,00614	0,00629	-	-
500	-	0,00492	0,00509	0,00611	0,00654

Примечание. Для расходов в л/с значения А умножают на 10^{-6} .

Приложение 7

Поправочные коэффициенты K_n к значениям А для неновых стальных и асбестоцементных труб в зависимости от скорости движения воды в них

Трубы	Скорость, м/с														
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,5
Стальные	1,41	1,28	1,2	1,15	1,115	1,085	1,06	1,04	1,03	1	-	-	-	-	-
Асбестоцементные	1,308	1,217	1,138	1,115	1,082	1,56	1,034	1,016	1	0,974	0,953	0,936	0,922	0,910	0,887

Приложение 8

Распределение хозяйственно-питьевых расходов воды в населенных пунктах и бытовых учреждениях по часам суток,
% от суточного максимального водопотребления

Часы суток	Населенные пункты									Промышленные предприятия	Животноводче- ский комплекс
	Значение максимального коэффициента часовой неравномерности водопотребления К										
	1,25	1,3	1,35	1,4	1,5	1,7	2	2,5	3		
0-1	3,35	2	3	2,5	2,7	1,96	1,56	0,85	0,5	-	0,5
1-2	3,25	3	3,2	2,25	2,7	0,96	0,69	0,37	0,5	-	1
2-3	3,3	3,3	2,5	2,2	2,7	0,83	0,53	0,1	1,2	-	0,5
3-4	3,2	3,3	2,6	2,25	2,7	1,96	0,69	0,15	2	-	0,5
4-5	3,25	3,3	3,5	2,6	2,7	1,12	0,74	0,31	3,5	-	2,2
5-6	3,4	4,5	4,1	3,9	3	2,31	1,91	1,14	3,5	-	2,2
6-7	3,85	5	4,5	4,5	4	5,28	5,38	5,4	4,5	-	4,7
7-8	4,45	5,5	4,9	5,1	5,7	5,55	5,73	5,94	10,2	6,25	4,7
8-9	5,2	5,5	4,9	5,35	6,3	7,12	7,81	9,45	8,8	6,25	10,2
9-10	5,05	5,5	5,6	5,85	5,7	6,86	7,46	8,83	6	6,25	5,4
10-11	4,85	5,5	4,9	5,35	5,7	5,82	6,07	6,49	3,6	6,25	7,2
11-12	4,6	5	4,7	5,25	5,7	5,41	5,03	4,33	3,6	6,25	6,1
12-13	4,6	5,5	4,4	4,6	5	3,58	3,3	2,59	3	6,25	4,2
13-14	4,55	4,2	4,1	4,4	4	3,27	3,95	2,19	3	6,25	9,1
14-15	4,75	5,5	4,1	4,6	4,5	2,96	2,6	1,82	4,2	6,25	6,6
15-16	4,7	5,5	4,4	4,6	5,7	3,87	3,64	3,01	6,2	-	2
16-17	4,65	5	4,3	4,9	6,3	4,45	4,34	3,91	12,4	6,25	4,2
17-18	4,35	4,5	4,4	4,6	5,7	4,17	3,99	3,45	11	6,25	3,6
18-19	4,4	4,5	4,5	4,7	4	4,73	4,69	4,39	7,3	6,25	8,2
19-20	4,3	4,5	4,5	4,5	3,2	6,09	6,42	7,05	1,5	6,25	7,2
20-21	4,3	3,5	4,5	4,4	3,2	6,61	7,11	8,22	1,5	6,25	3,5
21-22	4,2	3	4,8	4,2	3,2	7,10	8,33	10,42	1	6,25	4,6
22-23	3,75	2	4,6	4,7	2,8	6,35	6,77	7,63	0,5	6,25	0,8
23-24	3,7	2	3,3	2,7	2,8	2,64	2,26	1,46	0,5	6,25	0,8

Для заметок

Учебно-методическое издание

Гидравлика. Расчет водоснабжения поселка : методические указания по выполнению расчетно-графической работы / И.Л. Соколов. — Караваево : Костромская ГСХА, 2021. — 24 с. : ил. ; 20 см. — 50 экз. — Текст непосредственный.

Методические указания по выполнению расчетно-графической работы издаются в авторской редакции

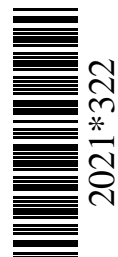
© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия" 156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34

Компьютерный набор. Подписано в печать 20/05/2021. Заказ № 322.
Формат 60x84/16. Тираж 50 экз. Усл. печ. л. 1,44. Бумага офсетная.
Отпечатано 20/05/2021. Цена 40,00 руб.

Вид издания: первичное (электронная версия)
(редакция от 26.04.2021 № 322)

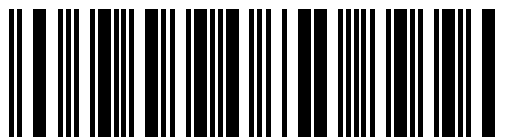
Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии на цифровом дубликаторе. Качество соответствует предоставленным оригиналам.

(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания\2021\322.pdf)



Цена 40,00 руб.

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА



2021*322

(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания\2021\322.pdf)