

Расчёт системы водоснабжения жилого здания с подбором диаметра трубопроводов

Болтовский Лев Александрович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является описание методики расчёта и непосредственный расчёт системы водоснабжения жилого здания с подбором диаметров трубопроводов. В ходе данной работы использованы поисковые, аналитические и вычислительные методы исследования, позволившие определить расчётный расход воды, подобрать диаметры трубопроводов и выполнить проверку скорости движения воды и потерь напора. В результате была описана методика расчёта, получены значения расхода воды, рекомендуемые диаметры участков сети и оценка требуемого напора на вводе.

Ключевые слова: водоснабжение, жилое здание, расход воды.

Calculation of water supply system of a residential building with selection of pipeline diameters

Boltovskiy Lev Alexandrovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to describe the calculation methodology and directly calculate the water supply system of a residential building with the selection of pipeline diameters. The work used exploratory, analytical and computational research methods that made it possible to determine the estimated water flow rate, select pipeline diameters and check water velocity and pressure losses. As a result, the calculation methodology was described, water flow rates, recommended pipeline diameters and the required inlet pressure were obtained.

Keywords: water supply, residential building, water flow rate.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что система внутреннего водоснабжения является одной из основных инженерных систем жилого здания. От правильного определения расчётного расхода воды, выбора диаметров трубопроводов и оценки потерь напора зависит устойчивость работы санитарно-технических приборов, уровень комфорта жильцов и надёжность эксплуатации здания.

Недостаточный диаметр трубопроводов может привести к повышенной скорости движения воды, шуму, росту гидравлических потерь и снижению давления у наиболее удалённых приборов. Избыточное увеличение диаметра, напротив, делает систему менее экономичной и усложняет монтаж. Поэтому предварительный расчёт системы водоснабжения позволяет обоснованно выбирать основные параметры сети ещё на стадии проектирования.

1.2 Обзор исследований

Вопросы расчёта и проектирования систем водоснабжения рассматриваются в нормативной и учебно-методической литературе, а также в работах, посвящённых инженерным системам зданий. В статье А.К.Стрелкова и И. Ю. Зотовой [1] рассмотрены вопросы методического обеспечения гидравлического расчёта внутренних систем водоснабжения. В работе Л. В. Бартовой, Н. В. Бушмакиной и Е. О. Петуховой [2] проанализированы решения систем водоснабжения и водоотведения многофункциональных комплексов. В исследовании Р. В. Спесивцева и В. И. Ореховой [3] уделено внимание автоматизации систем водоснабжения и водоотведения, которая позволяет повысить надёжность их работы. В статье Р. Е. Хургина [4] рассмотрены факторы, влияющие на надёжность работы системы внутреннего водоснабжения здания, что важно учитывать при выборе схемы водопровода и параметров трубопроводов. В работе О. А. Продоуса [5] проанализирована эмпирическая зависимость для расчёта коэффициента гидравлического сопротивления трубопроводов водоснабжения, что связано с определением потерь напора и обоснованием выбора диаметра труб.

1.3 Цель исследования

Целью исследования является описание методики расчёта и непосредственный расчёт системы водоснабжения жилого здания с подбором диаметров трубопроводов.

2 Материалы и методы

В качестве объекта исследования рассматривается условное малоэтажное жилое здание площадью 120 м², рассчитанное на проживание четырёх человек. Система водоснабжения принимается хозяйственно-питьевой, с подключением к наружной водопроводной сети. Внутренняя сеть выполняется из полимерных напорных труб, прокладываемых скрытым и открытым способом в пределах технических зон.

В работе применён расчётно-аналитический метод, основанный на определении суточного и секундного расхода воды, подборе внутренних диаметров трубопроводов по допустимой скорости потока, а также проверке потерь давления на наиболее неблагоприятном направлении движения воды от ввода до удалённого санитарно-технического прибора.

3 Результаты и обсуждение

Для расчёта приняты исходные данные, характерные для небольшого жилого здания индивидуального типа. Основные параметры приведены в таблице (табл.1).

Таблица 1 – Исходные данные

Показатель	Значение
Площадь здания	120 м ²
Количество этажей	2
Количество проживающих	4 человека
Высота этажа	3 м
Система водоснабжения	хозяйственно-питьевая
Расчётное давление наружной сети	0,25 МПа
Материал трубопроводов	полимерные напорные трубы
Рекомендуемая скорость воды	0,6–1,5 м/с

Определение суточного расхода воды

Ориентировочный суточный расход воды можно определить по числу проживающих и принятой норме водопотребления. Для учебного расчёта примем норму 200 л/сут на одного человека.

$$Q_{\text{сут}} = N \cdot q_n$$

где

$N = 4$ – количество проживающих;

$q_n = 200$ л/сут – ориентировочная норма водопотребления на одного человека.

$$Q_{\text{сут}} = 4 \cdot 200 = 800 \text{ л/сут} = 0,8 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Средний часовой расход составит

$$Q_{\text{ч.ср}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{24}$$

$$Q_{\text{ч.ср}} = \frac{0,8}{24} = 0,033 \text{ м}^3/\text{ч}$$

При коэффициенте часовой неравномерности $K_{\text{ч}} = 2,5$ максимальный часовой расход составит

$$Q_{\text{ч.мах}} = Q_{\text{ч.ср}} \cdot K_{\text{ч}} = 0,033 \cdot 2,5 = 0,083 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Данный показатель характеризует общее водопотребление здания, однако подбор диаметров участков внутренней сети целесообразно выполнять по расчётному секундному расходу, так как именно он определяет максимальную нагрузку на трубопровод в момент одновременного использования нескольких приборов.

Определение расчетного секундного расхода

Для жилого здания принимается перечень основных санитарно-технических приборов и бытовых водоразборных устройств. Условные секундные расходы приведены в таблице (табл 2).

Таблица 2 – Перечень водоразборных устройств

Прибор	Количество	Расход одного прибора, л/с	Суммарный расход, л/с
Кухонная мойка	1	0,20	0,20
Умывальник	1	0,12	0,12
Душ / ванна	1	0,25	0,25
Смывной бачок унитаза	1	0,10	0,10
Стиральная машина	1	0,15	0,15
Посудомоечная машина	1	0,10	0,10
Поливочный / хозяйственный кран	1	0,20	0,20
Итого установленный секундный расход			1,12

Так как все приборы в жилом здании редко работают одновременно, вводится коэффициент одновременности. Для предварительного расчёта принимаем $K_c = 0,35$.

$$q_{\text{расч}} = K_c \cdot \sum q_0$$

$$q_{\text{расч}} = 0,35 \cdot 1,12 = 0,392 \text{ л/с}$$

Для дальнейшего расчёта принимаем округлённое значение

$$q_{\text{расч}} = 0,40 \text{ л/с} = 0,00040 \text{ м}^3/\text{с}$$

Подбор диаметра вводного трубопровода

Подбор диаметра выполняется по формуле связи расхода, скорости и площади живого сечения трубопровода. Сначала определяется требуемая площадь сечения, затем внутренний диаметр трубы.

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot v}}$$

где

Q – расчётный расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

v – принятая скорость движения воды, м/с ;

d – расчётный внутренний диаметр трубопровода, м .

Для вводного участка примем скорость $v = 1,0$ м/с.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00040}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,0226 \text{ м}$$

Расчётный внутренний диаметр составляет примерно 22,6 мм. С учётом стандартного сортамента и необходимости небольшого запаса принимаем вводной трубопровод DN25 с условным внутренним диаметром около 26 мм.

Подбор диаметров по участкам сети

Для распределительной сети здания выделены основные участки: ввод и коллектор, магистраль к санитарному узлу, ветвь кухни и подводки к отдельным приборам. Подбор диаметров выполнен по тому же принципу, что и для вводного участка. Результаты приведены в таблице (табл. 3).

Таблица 3 – Подбор диаметров трубопроводов

Участок сети	Q, л/с	v, м/с	dрасч, мм	Принятый диаметр	dвн, мм
Ввод в здание и коллектор	0,40	1,0	22,6	DN25	26
Магистраль к санитарному узлу	0,25	0,9	18,8	DN20	20
Ветвь кухни	0,15	0,8	15,5	DN16	16
Подводка к душу / ванне	0,20	1,0	16,0	DN16–DN20	16
Подводка к умывальнику	0,08	0,8	11,3	DN15	13
Подводка к смывному бачку	0,06	0,7	10,4	DN15	13

Проверка скорости движения воды

После выбора стандартных диаметров необходимо проверить фактическую скорость движения воды. Скорость определяется по формуле

$$v = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2}$$

Проверочные значения приведены в таблице (табл. 4).

Таблица 4 – Проверка скорости движения воды

Участок сети	Q, л/с	dвн, мм	vфакт, м/с
Ввод в здание и коллектор	0,40	26	0,75
Магистраль к санитарному узлу	0,25	20	0,80
Ветвь кухни	0,15	16	0,75
Подводка к душу / ванне	0,20	16	0,99
Подводка к умывальнику	0,08	13	0,60

Полученные скорости находятся в диапазоне 0,60–0,99 м/с, что является приемлемым для внутренней хозяйственно-питьевой сети жилого здания. Следовательно, принятые диаметры не создают чрезмерного увеличения скорости потока и могут быть использованы для дальнейшей проверки по потерям напора.

Расчёт потерь давления

Потери давления на участках трубопровода определяются как сумма линейных и местных потерь. Для предварительной оценки линейные потери рассчитываются по формуле Дарси–Вейсбаха.

$$\Delta P_{\text{л}} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

$$\Delta P_{\text{м}} = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

$$\Delta P_{\text{общ}} = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}$$

где

$\lambda = 0,03$ – коэффициент гидравлического сопротивления для принятого расчёта;

L – длина участка трубопровода, м;

d – внутренний диаметр трубопровода, м;

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды;

v – скорость движения воды, м/с;

ζ – сумма коэффициентов местных сопротивлений участка.

Результаты расчёта представлены в таблице (табл. 5).

Таблица 5 – Расчёт потерь давления на участках сети

Участок сети	L , м	$d_{\text{вн}}$, мм	v , м/с	ζ	$\Delta P_{\text{л}}$, кПа	$\Delta P_{\text{м}}$, кПа	$\Delta P_{\text{общ}}$, кПа
Ввод в здание и коллектор	22	26	0,75	7	7,20	1,99	9,19
Магистраль к санитарному узлу	18	20	0,80	5	8,55	1,58	10,13
Ветвь кухни	12	16	0,75	4	6,26	1,11	7,37
Подводка к душу / ванне	8	16	0,99	3	7,42	1,48	8,91
Подводка к умывальнику	6	13	0,60	2	2,51	0,36	2,88

Наиболее неблагоприятным направлением является путь от ввода в здание до наиболее удалённого прибора второго этажа. Для расчёта примем направление: ввод в здание и коллектор – магистраль к санитарному узлу – подводка к душу/ванне.

$$\Delta P_{\text{дикт}} = 9,19 + 10,13 + 8,91 = 28,23 \text{ кПа}$$

Переход от потерь давления к потерям напора можно выполнить по формуле

$$h = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}$$

$$h = \frac{28230}{1000 \cdot 9,81} = 2,88 \text{ м}$$

Таким образом, суммарные потери напора на расчётном направлении составляют примерно 2,9 м водяного столба.

Определение требуемого напора на вводе

Требуемый напор на вводе складывается из геометрической высоты подъёма воды, потерь напора в трубопроводах, запаса на водомерный узел и фильтры, а также свободного напора у санитарно-технического прибора.

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{геом}} + h_{\text{пот}} + h_{\text{пр}} + H_{\text{св}}$$

где

$H_{\text{геом}} = 6 \text{ м}$ – высота подъёма воды до второго этажа;

$h_{\text{пот}} = 2,9 \text{ м}$ – потери напора на расчётном направлении;

$h_{\text{пр}} = 2 \text{ м}$ – запас на водомерный узел, фильтр и арматуру;

$H_{\text{св}} = 10 \text{ м}$ – свободный напор у водоразборного прибора.

$$H_{\text{тр}} = 6 + 2,9 + 2 + 10 = 20,9 \text{ м}$$

Расчётное давление наружной сети принято 0,25 МПа, что соответствует примерно 25 м водяного столба. Так как $25 \text{ м} > 20,9 \text{ м}$, имеющегося давления достаточно для работы системы без установки повысительного насоса. При снижении давления в наружной сети ниже расчётного значения может потребоваться насосная установка или гидроаккумулятор.

Итоговый подбор элементов системы

На основании выполненных расчётов можно принять следующую структуру системы водоснабжения жилого здания, которые представлены в таблице (табл 6).

Таблица 6 – Итоговые параметры системы водоснабжения

Элемент системы	Принятое решение
Расчётный секундный расход	0,40 л/с
Ввод в здание	DN25
Магистраль к санитарному узлу	DN20
Ветвь кухни	DN16
Подводки к большинству приборов	DN15–DN16
Материал трубопроводов	полимерные напорные трубы
Максимальная расчётная скорость	0,99 м/с
Потери напора по диктующему направлению	около 2,9 м
Требуемый напор на вводе	около 20,9 м
Необходимость повысительного насоса	не требуется при давлении сети 0,25 МПа

Выполненный расчёт показывает, что для условного жилого здания площадью 120 м² достаточно принять вводной трубопровод DN25, магистральные участки DN20 и подводы к приборам DN15–DN16. Принятые диаметры обеспечивают допустимую скорость движения воды и умеренные потери давления.

4 Выводы

В ходе исследования рассмотрен порядок расчёта системы водоснабжения жилого здания с подбором диаметров трубопроводов. На основании принятых исходных данных определены ориентировочный суточный расход воды, установленный секундный расход водоразборных устройств и расчётный секундный расход с учётом коэффициента одновременности.

По результатам расчёта для вводного трубопровода принят диаметр DN25, для магистрального участка к санитарному узлу – DN20, для кухонной ветви – DN16, а для подводов к отдельным приборам – DN15–DN16. Проверка фактической скорости движения воды показала, что она находится в пределах 0,60–0,99 м/с, что является допустимым для предварительного проектирования внутренней водопроводной сети.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования приведённой методики для предварительного подбора параметров внутренней системы водоснабжения малоэтажного жилого здания. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшего проектирования, уточнения трассировки трубопроводов и составления спецификации материалов.

Библиографический список

1. Стрелков А. К., Зотова И. Ю. Методическое обеспечение гидравлического расчёта внутренних систем водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20165881> (Дата обращения: 25.05.26).
2. Бартова Л. В., Бушмакина Н. В., Петухова Е. О. Водоснабжение и водоотведение многофункциональных комплексов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2019. Т. 10 №. 2. С. 92–105. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38532101> (Дата обращения: 25.05.26).
3. Спесивцев Р. В., Орехова В. И. Особенности автоматизации систем водоснабжения и водоотведения // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. 2016. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32696483> (Дата обращения: 25.05.26).
4. Хургин Р. Е., Тюрин И. Д. Исследование надежности системы внутреннего водоснабжения // Системные технологии. 2021. №. 4(41). С. 81–86. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47906292> (Дата обращения: 28.05.26).
5. Продоус О. А., Якубчик П. П. Анализ эмпирической зависимости для расчета коэффициента гидравлического сопротивления водопроводных

труб из любых полимерных и металлополимерных материалов //
Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2021. №. 4(160). С. 16-20.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45596725> (Дата обращения: 28.05.26).