

Расчёт уклона кровли и системы водоотведения для жилого здания

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 расчета и непосредственный расчет уклона кровли и системы водоотведения для жилого здания. В ходе работы использованы поисковые, аналитические и вычислительные методы исследования, позволившие рассчитать как уклон кровли, так и систему водоотведения. В результате была описана методика расчетов, получены значения уклона кровли, а также системы водоотведения.

Ключевые слова: уклон кровли, система водоотведения, водосточные воронки, водосборная площадь.

Calculation of roof slope and drainage system for a residential building

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 method and directly calculate the roof slope and drainage system for a residential building. This work utilized exploratory, analytical, and computational research methods to calculate both the roof slope and the drainage system. As a result, the calculation method was described and the roof slope and drainage system values were obtained.

Keywords: roof slope, drainage system, gutters, catchment area.

1 Введение**1.1 Актуальность исследования**

Актуальность исследования обусловлена тем, что кровля является одним из наиболее ответственных конструктивных элементов жилого здания, напрямую влияющим на его долговечность, эксплуатационную надёжность и

безопасность. Неправильно принятый уклон кровли или недостаточно рассчитанная система водоотведения могут привести к застою дождевой и талой воды, переувлажнению кровельного покрытия, протечкам, разрушению теплоизоляционного слоя, образованию наледи и снижению срока службы здания в целом.

1.2 Обзор исследований

В статье В. А. Мазур [1] разработанная комплексная классификация позволяет объединить существующие типы покрытий и учесть все многообразие форм и конструкций при выборе конструктивного решения кровельной системы здания и сооружения с криволинейным покрытием. Рассмотрены определяемые экспериментально на специальных испытательных стендах акустические характеристики трубопроводов, необходимые при проектировании систем водоотведения (водостоков и канализации). Показано, что широко применяемые различные полимерные водоотводные трубопроводы могут быть источниками повышенного шума в помещениях жилых и общественных зданий. Приведены способы снижения структурной составляющей шума полимерных трубопроводов и воздушной составляющей посредством звукоизолирующих покрытий на основе современных эластомерных и волокнистых материалов в исследовании В. П. Гусева [2]. В работе Л. В. Бартова [3] на основе анализа проектной документации выявлены направления развития систем водоснабжения и водоотведения многофункциональных зданий, специфические особенности и наиболее рациональные проектные решения систем. Проанализированы вопросы исследования советскими и российскими авторами графиков колебания поступления сточных вод в водоотводящую сеть и сооружения систем водоотведения объектов военной инфраструктуры и необоронного значения в статье А. А. Ручкина [4]. В статье рассмотрены особенности автоматизации водоснабжения и водоотведения. Автоматизация этих систем позволяет повысить эффективность технологического процесса добычи и транспортировки воды, повысить качество и надежность ее подачи потребителям в исследовании Р. В. Спесивцева [5].

1.3 Цель исследования

Целью исследования является, описание методики расчета и непосредственный расчет уклона кровли и системы водоотведения для жилого здания.

2 Материалы и методы

В качестве объекта исследования рассматривается кровля жилого здания прямоугольной формы в плане. Расчёт выполняется для плоской совмещённой кровли с организованной системой внутреннего водоотведения.

В работе применён расчётно-аналитический метод, основанный на определении геометрических параметров кровли, расчётной водосборной

площади, требуемого уклона и пропускной способности системы водоотведения.

3 Результаты и обсуждение

Для расчёта принято жилое здание прямоугольной формы в плане (табл. 1).

Таблица 1 – Вводные данные

Параметр	Значение
Длина здания	42 м
Ширина здания	18 м
Площадь кровли	756 м ²
Тип кровли	плоская совмещённая
Покрытие	рулонная / полимерная кровля
Система водоотведения	внутренняя организованная
Количество водосточных воронок	4 шт.
Расчётный район	Условно – район с $q_{20} = 80 \text{ л/(с·га)}$
Показатель степени n	0,67

Уклон кровли в нормативном смысле определяется как отношение перепада высот участка кровли к его горизонтальной проекции; он может выражаться в процентах или градусах. Для рулонных и полимерных кровель минимальные уклоны обычно принимаются от 1,5%, а в ендовах уклон должен быть не менее 0,5%.

Расчет площадки кровли

Площадь кровли определяется по горизонтальной проекции здания

$$F_0 = L \cdot B$$

где

$L=42 \text{ м}$ – длина здания.

$B=18 \text{ м}$ – ширина здания.

$$F_0 = 42 \cdot 18 = 756 \text{ м}^2$$

Дополнительно учитываются вертикальные поверхности, примыкающие к кровле и возвышающиеся над ней. Согласно расчётному подходу для водостока, к водосборной площади добавляют 30% площади таких вертикальных стен [6].

Примем, что на кровле расположены технические надстройки (табл. 2).

Таблица 2 – Технические надстройки

Элемент	Размеры	Площадь вертикальных стен
Лифтовая шахта	$6 \times 4 \text{ м}$, высота 2,8 м	$2(6+4) \cdot 2,8 = 56 \text{ м}^2$
Вентиляционная шахта	$3 \times 2 \text{ м}$, высота 1,2 м	$2(3+2) \cdot 1,2 = 12 \text{ м}^2$

Тогда

$$F_{\text{стен}} = 56 + 12 = 68 \text{ м}^2$$

Добавочная площадь

$$F_{\text{доб}} = 0,3 \cdot 68 = 20,4 \text{ м}^2$$

Расчётная водосборная площадь

$$F = F_0 + F_{\text{доб}}$$

$$F = 756 + 20,4 = 776,4 \text{ м}^2$$

Для дальнейшего расчёта

$$F = 776,4 \text{ м}^2$$

Расчет уклона кровли

Для плоской кровли с внутренним водостоком принимается основной уклон в сторону водосточных воронок

$$i = 2\%$$

Перевод уклона в угол

$$\tan \alpha = 0,01 \cdot i$$

$$\tan \alpha = 0,01 \cdot 2 = 0,02$$

$$\alpha = \arctan(0,02) \approx 1,15^\circ$$

Следовательно

$$i = 2\% \approx 1,15^\circ$$

Определение перепада высот

Расстояние от бокового парапета до линии воронок

$$l = \frac{18}{2} = 9 \text{ м}$$

Перепад высот определяется по формуле

$$h = \frac{i \cdot l}{100}$$

$$h = \frac{2 \cdot 9}{100} = 0,18 \text{ м}$$

$$h = 180 \text{ мм}$$

То есть от парапета до линии водосточных воронок необходимо обеспечить перепад примерно 180 мм.

Дополнительно в зоне самой воронки предусматривается локальное понижение кровли. В местах установки воронок внутреннего водостока предусматривают понижение в радиусе 0,5–1,0 м на 15–20 мм.

Возьмем перепад в 20 мм.

$$h_{\text{вор}} = 20 \text{ мм}$$

Тогда общий перепад

$$h_{\text{общ}} = 180 + 20 = 200 \text{ мм}$$

Размещение водосточных воронок

Для плоских кровель необходимо предусматривать не менее двух водосточных воронок, а максимальное расстояние между ними при любых видах кровли не должно превышать 48 м.

В рассматриваемом примере принимается 4 воронки, расположенные вдоль центральной водосборной линии.

Длина здания

$$L = 42 \text{ м}$$

Шаг между воронками

$$s = \frac{42}{4} = 10,5 \text{ м}$$

Проверка

$$10,5 \text{ м} < 48 \text{ м}$$

Условие выполняется.

Площадь водосбора на одну воронку

$$F_1 = \frac{F}{4}$$

$$F_1 = \frac{776,4}{4} = 194,1 \text{ м}^2$$

Расчёт дождевого расхода с кровли

$$Q = \frac{F \cdot q_5}{10000}$$

где

Q – расчётный расход дождевых вод, л/с.

F – расчётная водосборная площадь, м².

q_5 – интенсивность дождя продолжительностью 5 минут, л/(с·га).

Формула расчёта применяется для расчёта дождевых вод с кровли по СП 30.13330.2020.

Интенсивность дождя продолжительностью 5 минут

$$q_5 = 4^n \cdot q_{20}$$

$$q_5 = 4^n \times q_{20}$$

$$q_5 = 4^{0,67} \times 80$$

$$q_5 = 2,53 \times 80 = 202,4 \text{ л/(с·га)}$$

Расчёт расхода дождевых вод

$$Q = \frac{F \times q_5}{10000}$$

$$Q = \frac{776,4 \times 202,4}{10000}$$

$$Q = 15,71 \text{ л/с}$$

Расчёт расхода на одну воронку

$$Q_1 = \frac{Q}{4}$$

$$Q_1 = \frac{15,7}{4} = 3,93 \text{ л/с}$$

Принимаем водосточные воронки с паспортной пропускной способностью не менее

$$Q_{\text{вор}} \geq 5 \text{ л/с}$$

Проверка

$$5 > 3,93$$

Запас по одной воронке

$$K = \frac{5}{3,93} = 1,27$$

То есть запас составляет примерно

$$27\%$$

Подбор водосточных стояков

Примем схему: каждая воронка подключается к отдельному стояку.

Расход на один стояк

$$Q_{\text{ст}} = 3,93 \text{ л/с}$$

Для стояка диаметром 85 мм допустимый расход

$$Q_{\text{доп}} = 10 \text{ л/с}$$

Проверка

$$3,93 < 10$$

Следовательно, для рассматриваемого примера достаточно принять водосточные стояки диаметром 85 мм. На практике часто принимают ближайший стандартный диаметр DN100, так как он удобнее по доступности комплектующих, монтажу и эксплуатационному обслуживанию.

Проверка уклона отводящих трубопроводов

Для внутренних водостоков минимальный уклон подвесных отводных трубопроводов принимается 0,005.

$$i_{\text{тр}} = 0,005$$

Это соответствует

$$0,005 \cdot 100 = 0,5\%$$

Если длина горизонтального участка от воронки до стояка составляет, например

$$l_{\text{тр}} = 6 \text{ м}$$

то необходимый перепад высот

$$h_{\text{тр}} = i_{\text{тр}} \cdot l_{\text{тр}}$$

$$h_{\text{тр}} = 0,005 \cdot 6 = 0,03 \text{ м}$$

$$h_{\text{тр}} = 30 \text{ мм}$$

Следовательно, на участке длиной 6 м необходимо обеспечить перепад не менее 30 мм.

Итоговые расчётные параметры (табл. 3).

Таблица 3 – Итоговые параметры

Показатель	Расчётное значение
Площадь кровли в плане	756 м ²
Расчётная водосборная площадь	776,4 м ²
Принятый уклон кровли	2%
Угол уклона	≈ 1,15°
Перепад от парапета до линии воронок	180 мм
Локальное понижение у воронки	20 мм
Общий перепад до водоприёмной зоны	около 200 мм
Количество воронок	4 шт.
Расход дождевых вод со всей кровли	15,7 л/с
Расход на одну воронку	3,93 л/с
Рекомендуемая пропускная способность воронки	не менее 5 л/с
Рекомендуемый диаметр стояка	DN85–DN100
Минимальный уклон подвесных трубопроводов	0,005, или 0,5%

В результате расчёта для жилого здания размером 42 × 18 м принята плоская совмещённая кровля с внутренним организованным водоотведением. Основным уклон кровли принят равным 2%, что обеспечивает направленное движение воды к водосточным воронкам и превышает минимальные значения для рулонных и полимерных кровель. При расчётной водосборной площади 776,4 м² расход дождевых вод составил около 15,7 л/с. Для его отвода

предусмотрены четыре водосточные воронки с расчётной нагрузкой около 3,93 л/с на каждую. Принятая схема обеспечивает нормативное размещение воронок, достаточную пропускную способность системы и запас по расходу примерно 27% на уровне водоприёмных устройств.

4 Выводы

В ходе исследования был рассмотрен порядок расчёта уклона кровли и системы водоотведения для жилого здания с плоской совмещённой кровлей. На основании принятых исходных данных были определены основные геометрические параметры здания, площадь кровли в плане, расчётная водосборная площадь, необходимый уклон кровельного покрытия, перепад высот до водоприёмных воронок, а также расчётный расход дождевых вод.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования представленной методики при проектировании и предварительной оценке кровельных систем жилых зданий. Выполненный расчёт показывает, каким образом можно определить рациональный уклон кровли, рассчитать водосборную площадь, подобрать количество водосточных воронок и оценить пропускную способность элементов системы водоотведения.

Библиографический список

1. Мазур В. А. Классификационная структура кровельных систем зданий и сооружений с пространственными криволинейными покрытиями // Современное промышленное и гражданское строительство. 2022. Т. 18. №. 2. С. 61-72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48860419> (Дата обращения: 17.04.26).
2. Гусев В. П. Сидорина А. В. Защита от шума систем водоотведения жилых и общественных зданий // Жилищное строительство. 2014. №. 11. С. 12-15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22512051> (Дата обращения: 12.04.26).
3. Бартова Л. В. Бушмакина Н. В. Петухова Е. О. Водоснабжение и водоотведение многофункциональных комплексов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2019. Т. 10. №. 2. С. 92-105. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38532101> (Дата обращения: 12.04.26).
4. Ручкин А. А. Самсонов А. А. Ершов Г. А. Прохоров А. Г. Графики колебания притока сточных вод в водоотводящую сеть и сооружения системы водоотведения // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2019. №. 3(4). С. 145-154. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41112428> (Дата обращения: 12.04.26).
5. Спесивец Р. В. Орехова В. И. Особенности автоматизации систем водоснабжения и водоотведения // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ: В 4-х томах, Краснодар, 01–31 марта 2016 года / Составители А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов; под редакцией А. И. Трубилина, ответственный редактор А. Г. Кощев. Том 2,

- Выпуск 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2016. С. 49-53. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32696483> (Дата обращения: 12.04.26).
6. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. СНиП 2.04.01-85. М.: Минстрой России, 2020. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/f41/SP-30.pdf> (Дата обращения: 12.04.26).