

Расчёт стропильной ноги для кровельной системы каркасного здания

Бабашов Даниэль Эльманович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

В статье рассматриваются ключевые функции стропильной ноги как важного элемента кровельной системы каркасного здания. Описаны основные принципы расчета стропильной ноги, включая выбор материалов (дерево и металл), учет нагрузок и конструктивных особенностей, что помогает в создании надежной и безопасной кровли. Представлено детальное описание процесса сбора нагрузок, позволяющее обеспечить устойчивость кровельной конструкции. Приведены расчеты, которые демонстрируют важность внимательного подхода к проектированию и необходимости соблюдения нормативных документов.

Ключевые слова: строительные материалы, стропильная нога, кровля, стропильная система, кровельная система.

Calculation of the rafter leg for the roofing system of a frame building

Babashov Daniel Elmanovich

Sholom-Aleichem Priamurskiy State University

Student

Abstract

The article discusses the key functions of the rafter leg as an important element of the roofing system of a frame building. The basic principles of calculating the rafter leg are described, including the choice of materials (wood and metal), taking into account loads and design features, which helps in creating a reliable and safe roof. A detailed description of the load collection process is provided to ensure the stability of the roof structure. Calculations are presented that demonstrate the importance of a careful approach to design and the need to comply with regulatory documents.

Keywords: building materials, rafter leg, roof, rafter system, roofing system.

Введение

Стропильная нога является одной из самых важных и неотъемлемых частей кровельной системы каркасного здания. Она отвечает за опору и распределение нагрузок на весь каркас, а также обеспечивает прочность и стабильность всей конструкции. Корректный расчет стропильной ноги – это основа безопасности и долговечности крыши.

Расчет стропильной ноги – это комплексная задача, требующая учета множества факторов, таких как снеговые и ветровые нагрузки, геометрия самой ноги, материалы конструкции и другие параметры

О. С. Маленьких и В.А. Шмакова в своей работе проводят анализ различных типов черепичных кровель. Они рассматривают преимущества и недостатки черепиц, приводят сравнение различных применений стропильных систем и обрешёток, акцентируя внимание на такие характеристики, как устойчивость к погодным условиям, стоимость и долговечность. Кроме того, обсуждаются особенности монтажа и эксплуатации [1].

А. М. Апаев разработал модель кровли для дачного дома в Севастополе. Автор произвёл расчёты стропильных ног и предложил методы защиты деревянных элементов конструкции от возгораний и биологических повреждений [2].

А.А. Савельев приводит обзор различных типов стропильных систем, применяемых в строительстве. Автор рассматривает как традиционные, так и современные подходы к проектированию стропильных конструкций, анализирует материалы, используемые в их изготовлении, и обсуждает механизмы обеспечения прочности и устойчивости крыш под воздействием внешних факторов. Особое внимание уделяется инновационным решениям и их преимуществам в сравнении с классическими методами [3].

З.А. Курбанов и К.Е. Грушевский в работе рассматривают основные проблемы и методы расчета снеговой нагрузки, которые могут значительно влиять на конструктивные решения скатных крыш. Авторы описывают подходы к повышению устойчивости и надежности кровельных конструкций в регионах с высокими снеговыми нагрузками, что особенно актуально для северных климатических зон [4].

Цель исследования: рассмотрение функций, основных принципов расчёта и определение размера стропильной ноги.

В работе были рассмотрены функции и основные принципы расчёта стропильной ноги, а также определён размер стропильной ноги.

Функции стропильной ноги

Поддержка кровельных материалов. Стропильная нога непосредственно поддерживает кровельные материалы, такие как стропила, обрешетка и кровельное покрытие. Она создает необходимую жесткость системы и предотвращает их проседание, деформацию или разрушение под воздействием ветра, снега и других нагрузок.

Распределение нагрузок. Стропильная нога равномерно распределяет нагрузки от кровли на другие элементы каркаса, такие как колонны, балки и стены. Это позволяет обеспечить равномерную нагрузку на всю конструкцию здания и предотвращает концентрацию значительных нагрузок на отдельные элементы, что могло бы привести к их разрушению.

Формирование оптимальной формы кровли. Стропильная нога, в сочетании с другими элементами каркаса, определяет форму кровли здания. Она должна быть правильно спроектирована и установлена, чтобы обеспечить

не только эстетически приятный вид кровли, но и ее функциональность. Оптимальная форма кровли позволяет предотвращать скопление снега и воды, а также обеспечивает хорошую вентиляцию и снижение нагрева внутри помещений.

Основные принципы расчёта стропильной ноги: материалы, нагрузки и конструктивные особенности

Основные принципы расчёта стропильной ноги для кровельной системы каркасного здания включают определение используемых материалов, учет нагрузок и учет конструктивных особенностей.

Выбор материалов для стропильной ноги зависит от требований к кровельной системе. Наиболее распространенными материалами являются дерево и металл. Деревянные стропильные ноги имеют небольшой вес, обеспечивают хорошую теплоизоляцию и простоту монтажа. Металлические стропильные ноги обладают высокой прочностью и долговечностью, но могут быть более дорогостоящими и сложными в установке.

Для расчёта стропильной ноги необходимо учитывать нагрузки на кровельную систему. Основными нагрузками являются собственный вес ноги, вес кровельного покрытия, снеговая нагрузка и ветровые нагрузки. Исходя из параметров конкретного здания, необходимо определить равномерную силу, действующую на стропильную ногу, и добавить её к другим нагрузкам.

Конструктивные особенности также влияют на расчёт стропильной ноги. К ним относятся ширина пролета между дугами, угол наклона стропильной ноги, способ поддержки ноги, наличие окон и дверей в месте пересечения с ногой и другие факторы. Эти особенности могут потребовать дополнительных расчётов и усиления стропильной ноги.

При расчёте стропильной ноги необходимо обратиться к соответствующим нормативным документам и рекомендациям. Во многих странах существуют отдельные стандарты и правила для расчёта кровельных систем. Кроме того, работы по расчёту стропильной ноги лучше доверить специалистам в области кровельных систем. Они имеют опыт и знания, которые помогут создать надежную и безопасную кровлю для каркасного здания.

Сбор нагрузок и расчет обрешётки

Сущность процесса сбора нагрузок на кровлю заключается в определении и учёте всех сил, действующих на кровельную конструкцию. Этот процесс охватывает подсчёт веса самой кровли, нагрузки от снега, воздействия ветра и других полезных факторов. На основе этих данных разрабатывается надёжная и устойчивая кровля, способная выдерживать разнообразные воздействия окружающей среды и обеспечивать безопасность эксплуатации здания (табл.1).

Таблица 1 – Сбор нагрузки на 1м² кровли

Нагрузка	Нормативное значение; Кн/м ²	γ_n	γ_f	Расчетное значение; I гр. П.С.
1	2	3	4	5
Металлочерепица "Финнера" $t=0,001$ $g=7850$ кг/м ³	$\delta \cdot \rho \cdot l = 0,001 \cdot 78,5$ $= 0,079$	1	1,2	0,095
Обрешётка 50·50 мм, $S=330$ мм $g=600$ кг/м ³	$\frac{b \cdot h \cdot \rho}{S}$ $\frac{0,05 \cdot 0,05 \cdot 6}{0,33}$ $= 0,045$	1	1,1	0,05
Контробрешётка 50·50 мм, $S=800$ мм $g=600$ кг/м ³	$\frac{b \cdot h \cdot \rho}{S}$ $= 0,019$	1	1,1	0,021
Стропильная нога 2· (50·180) $\rho=600$ кг/м ³ , $S=800$ мм	$\frac{2 \cdot (b \cdot h \cdot \rho)}{S}$ $= 0,135$	1	1,1	0,149
Итог:	0,278	-	-	0,315
Временная				
Снеговая ($\mu=1$)	$S_0=1,68$	1	1,4	2,352
Длительная	$0,7S_0=1,176$	1	1,4	1,646
Снеговая ($\mu=1,25$)	$S_0=2,1$	1	1,4	2,94
Длительная	$0,7S_0=1,47$	1	1,4	2,058
Снеговая ($\mu=0,75$)	$S_0=1,26$	1	1,4	1,764

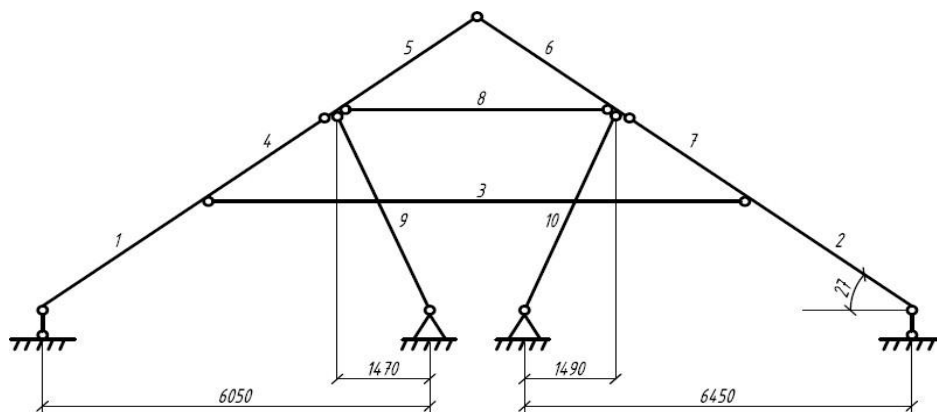


Рисунок 1 – Схема стропильной системы

Стропильная нога рассчитывается, как растянуто-изогнутый неразрезной элемент (рис.1).

$$q_{кр}^I = \frac{g_{кр}^I \cdot S}{\cos(27^\circ)} = \frac{0,315 \cdot 0,8}{0,891} = 0,283 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$q_{кр}^{II} = \frac{g_{кр}^{II} \cdot S}{\cos(27^\circ)} = \frac{0,278 \cdot 0,8}{0,891} = 0,250 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Снеговые нагрузки

$$S_0 = S_g \cdot 0,7 \cdot \mu$$

При $\mu=1$

$$S_0 = 2,4 \cdot 0,7 \cdot 1 = 1,68 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$q_{снeг}^I = 2,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$q_{снeг}^{II} = 1,68 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

При $\mu=1,25$

$$S_0 = 2,4 \cdot 0,7 \cdot 1,25 = 2,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$q_{снeг}^I = 2,94 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$q_{снeг}^{II} = 2,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

При $\mu=0,75$

$$S_0 = 2,4 \cdot 0,7 \cdot 0,75 = 1,26 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$q_{снeг}^I = 2,06 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$q_{снeг}^{II} = 1,76 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Расчет растянуто-изогнутых элементов производится по прочности на действие продольной растягивающей силы N и изгибающего момента M от действующих расчетных нагрузок.

Стропильная нога рассчитывается, как элемент составного сечения.

$$\frac{N}{F_{расч}} + \frac{MR_p}{W_{расч}R_u} \leq R_p,$$

где $W_{расч}$ – расчетный момент поперечного сечения, см^2 ;

$$W_{расч} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot k_w = \frac{15 \cdot 18^2}{6} \cdot 0,9 = 729 \text{ см}^2$$

где $k_w = 0,9$ [5];

$F_{расч}$ – площадь расчетного сечения нетто, см^2 ;

$$F_{расч} = 2 \cdot (b \cdot h) = 2 \cdot (5 \cdot 18) = 180 \text{ см}^2$$

N – расчетное усилие стропил;

$N = 4393$ кг

M – расчетный изгибающий момент;

$M = 58047$ кг·см

R_p – расчетное сопротивление сосны растяжению;

$$R_p = 70 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

$$\frac{4393}{180} + \frac{58047 \cdot 70}{729 \cdot 130} = 67,3 \leq 70 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

Условие выполняется, принимается размер сечения стропильной ноги
 $b \cdot h = 50 \cdot 180$

Проверка стропильной ноги на прогиб

$$f \leq f_{\text{пр}}$$

где $f_{\text{пр}}$ – предельный прогиб стропильной ноги [5];

$$f = \frac{5 \cdot q_{\text{стр}}^{\text{II}} \cdot l_0^4}{384 \cdot E \cdot J_x} = \frac{5 \cdot 0,017 \cdot 502^4}{384 \cdot 1000 \cdot 7290} = 1,93 \text{ см}$$

$$J_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{15 \cdot 18^3}{12} = 7290 \text{ см}^4$$

$$f_{\text{пр}} = \frac{l_0}{200} = \frac{502}{200} = 2,52 \text{ см}$$

где l_0 – расчетный пролет стропильной ноги;

$f = 1,93 \text{ см} \leq f_{\text{пр}} = 2,52 \text{ см}$ прогиб меньше допустимого, следовательно, проверка выполняется и принимается стропильная нога размером 50х180.

Заключение

Точный расчет стропильной ноги является неотъемлемой частью проектирования кровельной системы каркасного здания. Правильный выбор материала и учет всех нагрузок и факторов, которые могут воздействовать на кровлю, гарантируют надежность и долговечность всей структуры.

Библиографический список

1. Маленьких О. С., Шмакова В.А. Кровля из металлочерепицы и её сравнение с другими видами черепичных кровель // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2021. Т 2. С. 255-260. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49184791>
2. Апаев А.М. Разработка модели кровли здания. Расчёт стропильной ноги // Молодой исследователь Дона. 2020. №2(23). С. 85-88. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42780905>
3. Савельев А.А. Конструкции крыш. Стропильные системы // Современные технологии в строительстве. 2009. №3. С.119-124. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19629416>
4. Курбанов З.А., Грушевский К.Е. Влияние снеговой нагрузки на скатную

-
- кровлю // Наука и современное общество: актуальные вопросы, достижения и инновации. 2020 С. 128-131. URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=39548725>
5. СП 17.13330.2017 Кровли.