

Определение параметров стропильной ноги для каркаса крыши 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.

Determining the parameters of a rafter leg for a building's roof frame

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

Правильное проектирование крыши является одним из ключевых аспектов в строительстве, поскольку именно от неё зависит не только эстетика здания, но и его функциональность, долговечность и безопасность. Центральным элементом крыши является стропильная нога, которая обеспечивает несущую способность всей конструкции. Определение

параметров стропильной ноги требует тщательного подхода, включая выбор материалов, расчет нагрузок и учет климатических условий.

Эффективная стропильная система должна быть способна не только выдерживать собственный вес, но и справляться с дополнительными нагрузками, такими как снег, ветер и возможные эксплуатационные воздействия. Правильное определение геометрических параметров стропильной ноги, включая её длину, сечение и угол наклона, играет критическую роль в создании надёжной и устойчивой крыши.

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 функций и основные принципы расчёта стропильной ноги, а также определён размер стропильной ноги.

Функции стропильной ноги

Стропильная нога является ключевым элементом конструкции крыши, выполняя несколько важных функций, обеспечивающих её надёжность и долговечность.

Основные функции

Несущая функция: Стропильные ноги служат основой, на которой держится вся кровельная конструкция. Они принимают на себя основные

нагрузки от кровельного покрытия, обрешетки и других слоев кровельного пирога.

Распределение нагрузок: Эти элементы помогают равномерно распределять нагрузки — как постоянные (вес кровельных материалов), так и временные (снег, ветер) — по всему каркасу здания, защищая его от деформаций и увеличивая устойчивость.

Формирование наклона крыши: Стропильные ноги определяют геометрию крыши, её угол наклона и форму. Это важно для обеспечения эффективного стока дождевой воды и тающего снега, а также для эстетического восприятия здания.

Соппротивление внешним воздействиям: Это касается, в основном, ветровых и снеговых нагрузок. Прочный каркас крыши, основой которого являются стропильные ноги, противостоит сдвиговым и крутящим моментам, тем самым предотвращая разрушение конструкции.

Создание внутреннего пространства под крышей: В зависимости от конструкции и размеров, стропильные ноги могут формировать чердачное или мансардное пространство, обеспечивая дополнительное помещение.

Основание для крепления других элементов: Они служат базой для установки дополнительных строительных элементов, таких как обрешётка, теплоизоляция, вентиляция и финишное кровельное покрытие.

Интеграция с другими частями конструкции: Стропила обеспечивают взаимосвязь между различными элементами крыши и остальной частью здания, включая стены и перекрытия, что обеспечивает их совместную работу как единой системы.

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

При проектировании стропильной системы крыши каркасного здания важно учитывать различные аспекты, от выбора материалов до расчёта нагрузок и конструктивных особенностей.

Материалы

Древесина: Наиболее распространённый материал для стропильных ног. Обратите внимание на выбор качественного, бездефектного материала, лучше всего из хвойных пород, поскольку они обладают хорошей прочностью и лёгкостью обработки. Влажность древесины не должна превышать 15%, чтобы избежать деформации и изменения размеров.

Металл: Использование металлических стропил может быть целесообразно в условиях повышенной нагрузки или в конструкциях с большими пролетами. Металл устойчив к биологическим воздействиям и физическим деформациям.

Композитные материалы: Возможен выбор композитов, которые сочетают в себе преимущества как древесины, так и металла. Они могут быть лёгкими и прочными, но часто более дорогими.

Нагрузки

Собственный вес крыши: Включает в себя все материалы кровельного пирога, включая изоляцию, обрешётку и финишное покрытие.

Снеговая нагрузка: Рассчитывается на основании климатических особенностей региона. Чем больше снеговых осадков, тем прочнее должна быть конструкция.

Ветровая нагрузка: Учитывает давление ветра на поверхность крыши. Рассчитанная по региональным климатическим показателям и форме крыши.

Дополнительные нагрузки: Включают в себя временные нагрузки (люди, оборудование для обслуживания) и возможные экстремальные воздействия (сейсмические явления).

Конструктивные особенности

Угол наклона: Оптимальный угол наклона стропильной ноги влияет на распределение нагрузок. Он должен быть таким, чтобы обеспечивать эффективный сток воды и снега, а также соответствовать эстетическим требованиям.

Пролёты и расстояния: Учитываются при расчёте длины и толщины стропильной ноги. Длинные пролёты требуют более прочных и устойчивых материалов.

Узлы крепления: Надёжность соединений стропильных ног между собой и с другими элементами конструкции критически важна. Используйте современные виды крепежа, такие как металлические уголки или пластины, для повышения прочности и долговечности.

Теплоизоляция и вентиляция: Конструкция крыши должна предусматривать эффективную теплоизоляцию и вентиляцию, чтобы предотвратить образование конденсата и улучшить энергосбережение дома.

Сбор нагрузок и расчет обрешётки

Суть процесса сбора нагрузок на крышу состоит в выявлении и учёте всех сил, воздействующих на кровельную систему. Этот процесс включает в себя оценку массы самой крыши, анализ снеговых нагрузок, ветрового давления и других значимых факторов. Основываясь на собранных данных, создаётся крыша, обладающая прочностью и устойчивостью к различным климатическим и иным воздействиям, что гарантирует надёжность и безопасность здания в процессе эксплуатации (табл. 1).

Таблица 1 – Сбор нагрузки на 1м² кровли

Нагрузка	Нормативное значение; Кн/м ²	γ_n	γ_f^I	Расчетное значение; I гр. П.С.
1	2	3	4	5

Металлочерепица "Финнера" $t=0,001$ $g=7850 \text{ кг/м}^3$	$\delta \cdot \rho \cdot l = 0,001 \cdot 78,5$ $= 0,079$	1	1,2	0,095
Обрешётка $50 \cdot 50 \text{ мм}$, $S=330 \text{ мм}$ $g=600 \text{ кг/м}^3$	$\frac{b \cdot h \cdot \rho}{S}$ $= \frac{0,05 \cdot 0,05 \cdot 6}{0,33}$	1	1,1	0,05
Контробрешётка $50 \cdot 50$ мм , $S=800 \text{ мм}$ $g=600 \text{ кг/м}^3$	$\frac{b \cdot h \cdot \rho}{S} = 0,019$	1	1,1	0,021
Стропильная нога $2 \cdot$ $(50 \cdot 180)$ $\rho=600 \text{ кг/м}^3$, $S=800 \text{ мм}$	$\frac{2 \cdot (b \cdot h \cdot \rho)}{S}$ $= 0,135$	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

Стропильная нога рассчитывается, как растянуто-изогнутый неразрезной элемент.

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

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

Снеговые нагрузки

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

При $\mu=1$

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

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

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

При $\mu=1,25$

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

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

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

При $\mu=0,75$

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

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

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

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.

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

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

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

где $k_w = 0,9$ [5];

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

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

N – расчетное усилие стропил;

$N = 4393 \text{ кг}$

M – расчетный изгибающий момент;

$M = 58047 \text{ кг} \cdot \text{см}$

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

Тщательный расчёт стропильной ноги играет критически важную роль в процессе проектирования кровельной системы каркасного здания. Корректный выбор материала, а также внимательное отношение к различным нагрузкам и воздействиям на крышу, обеспечивают прочность и долговечность всей конструкции. Правильный подход на этом этапе позволяет создать надёжную и устойчивую систему, готовую справляться с различными внешними условиями.

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.