

УДК 711

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КРОВЛИ ЗДАНИЯ. РАСЧЕТ ОБРЕШЕТКИ И НАСЛОННЫХ СТРОПИЛ***А. М. Апаев*

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

В статье описана разработка модели кровли здания дачи в городе Севастополь. Приводится расчет кровли здания, а именно обрешетки и наслонных стропил. Разработанная модель кровли здания подходит для данной климатической зоны и в дальнейшем может использоваться как типовая.

**Ключевые слова:** деревянные конструкции, кровля, воздействие, устойчивость, расчет, нагрузка.

UDC 711

**DEVELOPMENT OF A BUILDING ROOF MODEL. CALCULATION OF CRATES AND ROOF RAFTERS***A. M. Apaev*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The article describes the development of a roof model of a dacha building in the city of Sevastopol. The paper presents the calculation of the roof of the building, namely crates and roof rafters. The developed model of the roof of the building is suitable for this climate zone and can be used as a standard model in the future.

**Keywords:** wooden structures, roof, impact, stability, calculation, load.

**Введение.** В городе Севастополь на Западном берегу Балаклавской бухты в Крыму в горной местности находится дача графа М. А. Апраксина. В данной области преобладает умеренный теплый климат с выпадающими осадками, рельеф с перепадами. Среднегодовая температура составляет 12 градусов.

Целью данной статьи являлась разработка модели кровли здания и расчет обрешетки и наслонных стропил.

**Основная часть.** Расчет кровли здания дачи производится при следующих условиях:

- ширина здания — 12,4 м;
- длина — 26,0 м;
- древесина — сосна;
- стены — кирпичные, толщиной 510 мм;
- тип кровли — холодная, с уклоном  $27^\circ$  (50,95%)

В качестве несущих конструкций принимаем двускатные наслонные стропила с шагом  $l = 1,2$  м. Брусочки обрешетки с шагом  $L = 0,25$  м размещены по стропильным ногам, нижними концами опираются на мауэрлат, уложенные по внутреннему обрезу наружных стен, а верхними на прогон.

**Расчет обрешетки**

Обрешетку под кровлю рассчитывают по двум вариантам сочетания нагрузок:

– Равномерно-распределенная постоянная от собственного веса покрытия кровли и временная снеговая  $P_{сн}$  (расчет на прочность и прогиб).

– Собственный вес кровли и сосредоточенная нагрузка 1 кН с умножением на коэффициент перегрузки  $n = 1,2$  кН — на прочность.

$$\frac{M}{W_{ит}} \leq 1,2R_u$$

Сбор нагрузок представлен в таблице 1.

Таблица 1

Вид нагрузки	$q^H$ , кН/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$Q_p$ , кН/м <sup>2</sup>
Постоянная			
Кровля (кровельная сталь)	0,12	1,05	0,13
Обрешетка	0,05	1,1	0,06
Временная			
Снеговая	0,8	1,0	1,2
Итого	<b>0,97</b>		<b>1,39</b>

Здесь  $\gamma_f$  — коэффициент условий работы.

Бруски обрешетки работают на косою изгиб.

#### Расчет по первому сочетанию нагрузок

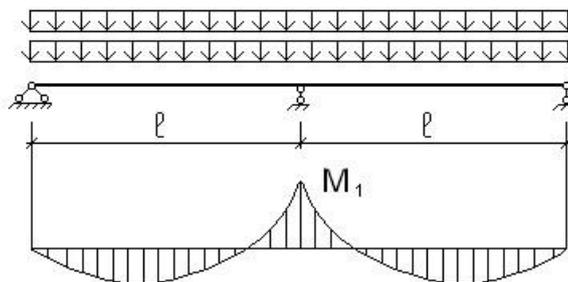


Рис. 1. Расчетная схема

Прочность брусков обрешетки проверяют с учетом косою изгиба по формуле:

$$\frac{M_x}{W_y} + \frac{M_y}{W_x} \leq R_u$$

где  $M_y$  и  $M_x$  — изгибающие моменты от проекций нагрузок ( $q_y$  и  $q_x$ );  $W_y$  и  $W_x$  — моменты сопротивления поперечного сечения относительно главных осей инерции;  $R_u$  — расчетное сопротивление изгибу;

$$R_u = 13 \text{ МПа} = 1,3 \text{ кН} / \text{см}^2.$$

Погонная нагрузка на один брус обрешетки по первому сочетанию нагрузок:

$$q = q_p \times L = 1,39 \times 0,25 = 0,35 \text{ кН/м}.$$

Изгибающий момент:

$$M_x = \frac{q \cdot \cos \alpha \cdot l^2}{8} = \frac{0,35 \cdot \cos 27^\circ \cdot 1,2^2}{8} = 0,056 \text{ кНм},$$

$$M_y = \frac{q \cdot \sin \alpha \cdot l^2}{8} = \frac{0,35 \cdot \sin 27^\circ \cdot 1,2^2}{8} = 0,028 \text{ кНм},$$

где  $q$  — расчетная нагрузка на несущие щиты;  $l$  — расчетный пролет;  $\sin \alpha$ ,  $\cos \alpha$  —  $\sin$  и  $\cos$  угла наклона покрытия,  $\alpha = 27^\circ$ .

Требуемый момент сопротивления. Примем  $b = 5$ ,  $h = 6$ ;

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{5 \cdot 6^2}{6} = 30 \text{ см}^2,$$

$$W_y = \frac{hb^2}{6} = \frac{6 \cdot 5^2}{6} = 25 \text{ см}^2,$$

где  $b$  — ширина бруска обрешетки;  $h$  — высота бруска обрешетки.

Проверка прочности:

$$M_x/W_y + M_y/W_x = 0,056 \times 100/25 + 0,028 \times 100/30 = 0,317 \text{ кН/см}^2 \leq 1,3 \text{ кН/см}^2$$

Проверка жесткости (прогиба):

$$q^n = 1,37 \times 0,25 = 0,34 \text{ кН/м}$$

$$\frac{\sqrt{f_y^2 + f_x^2}}{l} \leq \frac{f_{np}}{l}$$

где  $f_y$  и  $f_x$  — прогибы от нормативных нагрузок  $q_y^n, q_x^n, q^n$ ;  $f_{np}/l$  — предельный (допустимый) относительный прогиб.

Определяем прогиб в плоскости параллельно скату:

$$f_x = \frac{2,13q^n \sin al^4}{384EJ_y},$$

где  $E$  — модуль упругости древесины,  $E = 1000 \text{ кН/см}^2$  (п. 5.3 [2]);  $J_y$  и  $J_x$  — момент инерции.

$$J_y = \frac{hb^3}{12} = \frac{6 \cdot 5^3}{12} = 62,5 \text{ см}^4$$

$$f_x = \frac{2,13q^n \sin al^4}{384EJ_y} = \frac{2,13 \cdot 0,97 \cdot 0,454 \cdot 51^4}{384 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 62,5} = 0,0021 \text{ см}$$

Определяем прогиб в плоскости перпендикулярно скату:

$$J_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{5 \cdot 6^3}{12} = 90 \text{ см}^4$$

$$f_y = \frac{2,13q^n \cos al^4}{384EJ_x} = \frac{2,13 \cdot 1,37 \cdot 0,891 \cdot 51^4}{384 \cdot 100 \cdot 1000 \cdot 90} = 0,005 \text{ см}$$

Полный прогиб:

$$\frac{f}{l} = \frac{\sqrt{f_y^2 + f_x^2}}{l} = \frac{\sqrt{0,005^2 + 0,0021^2}}{120} = 0,00162 \leq \left[ \frac{f}{l} \right] = \frac{1}{150} = 0,006$$

где  $\left[ \frac{f}{l} \right] = \frac{1}{150}$  — предельный прогиб для обрешеток покрытия.

Условие выполняется.

### Расчет по второму сочетанию нагрузок

$$0,43 \cdot l = 2279$$

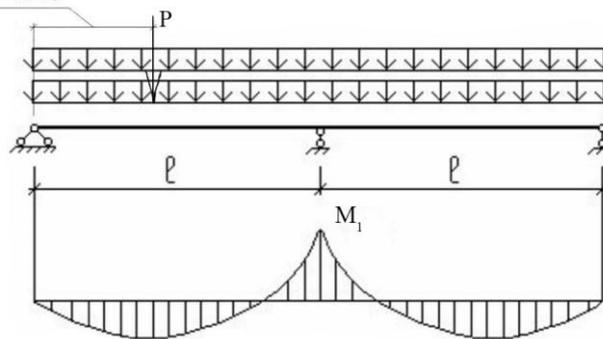


Рис. 2. Расчетная схема

Погонная нагрузка на один брус обрешетки для второго сочетания нагрузок:

$$q = (R_u \times n) \times L = (1,3 \times 1,2) \times 0,25 = 0,39 \text{ кН/м.}$$

Максимальный изгибающий момент  $M$  возникает на расстоянии  $0,43 \cdot l$  от крайней опоры и определяется по формуле:

$$M_x = (0,207Pl + 0,07ql^2) \cos a = (0,207 \cdot 1,2 \cdot 1,2 + 0,07 \cdot 0,39 \cdot 1,2^2) \cdot 0,957 = 0,322 \text{ кНм}$$

$$M_y = M_x \frac{\sin a}{\cos a} = 0,322 \frac{0,454}{0,891} = 0,163 \text{ кНм}$$

Проверка прочности согласно п. 6.12 [2]

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq R_u \cdot 1,2$$

$$\frac{0,322 \cdot 100}{30} + \frac{0,163 \cdot 100}{25} = 1,468 \text{ кН / см}^2 \leq 1,56 \text{ кН / см}^2$$

Условие выполняется. Принимаем обрешетку из бруска сечением  $60 \times 50$  мм с шагом 250 мм.

### Расчет наклонных стропил. Сбор нагрузок

Постоянные нагрузки на настил приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вид нагрузки	$q^H$ , кН/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$q_p$ , кН/м <sup>2</sup>
Кровля (кровельная сталь)	0,12	1,05	0,13
Обрешетка	0,05	1,1	0,06
Стропильная нога	0,18	1,1	0,2
Итого	0,35		0,39
Снеговая	0,8	1,0	1,2
Всего	<b>1,9</b>		<b>1,98</b>

При угле наклона кровли более  $10^\circ$  считается, что:

- постоянная нагрузка от покрытия (включая собственную массу настила) равномерно распределена по поверхности кровли;
- снеговая нагрузка зависит от формы покрытия и распределяется на горизонтальную проекцию кровли;
- ветровая нагрузка при углах наклона кровли до  $30^\circ$  разгружает настил и в расчетах не учитывается.

Согласно СП 64.13330.2011 [1], настил покрытия следует рассчитывать для двух сочетаний нагрузок:

- 1) постоянная и временная от снега — на прочность и жесткость;
- 2) постоянная и временная от сосредоточенного груза  $P = 1,2$  кН с учетом коэффициента условия работы — на прочность.

Строительные конструкции разработаны для следующих условий:

- снеговая нагрузка для I района по СП 20.13330 [2];
- ветровая нагрузка для II района по СП 20.13330 [2];

- климатический район строительства IV В;
- уровень ответственности здания — II (нормальный);
- степень огнестойкости здания — III.

Расчетное значение снеговой нагрузки на настил:

$$S = S_0 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n = 0,84 \cdot 1,4 \cdot 1 = 1,2 \text{ (кПа)},$$

где  $S_0 = 0,7 c_e c_t \mu S_g = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,84$  (кПа) — нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия;

$c_e = 1$  — коэффициент, учитывающий снос снега с покрытия зданий под действием ветра;

$c_t = 1$  — термический коэффициент;

$\mu = 1$  — коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие;

$S_g = 1,2$  кПа — вес снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли;

$\gamma_f = 1,4$  — коэффициент надежности по снеговой нагрузке;

$\gamma_n = 1,0$  — коэффициент надежности по ответственности.

**Заключение.** Разработана модель кровли здания дачи графа М. А. Апраксина. В результате проведены расчеты: обрешетки, по первому и второму сочетанию нагрузок и наслонных стропил. Данная модель и проведенные расчеты могут быть полезны при проведении реконструкции и реставрации, являющихся обязательными этапами и элементами сохранения историко-культурных памятников.

#### Библиографический список

1. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — URL :<http://docs.cntd.ru/document/871001029> (дата обращения :19.01.2020).
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — URL :<http://docs.cntd.ru/document/871001028> (дата обращения :01.02.2020).

*Об авторе:*

**Апаев Арсен М.**, магистрант Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [arsen1995arsen@yandex.ru](mailto:arsen1995arsen@yandex.ru)

*Author:*

**Апаев Арсен М.**, Master's degree student, Don State Technical University (344000, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin square 1), [arsen1995arsen@yandex.ru](mailto:arsen1995arsen@yandex.ru)