

УДК 624

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОПОРНОГО УЗЛА СТРОПИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОЛНОСБОРНОГО ДОМА

Вдовин Вячеслав Михайлович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, профессор кафедры «Строительные
конструкции».*

Аннотация

Приводятся результаты расчёта действительного напряжённно-деформированного состояния элементов опорного узла стропильных ног, в котором с целью уменьшения изгибающих моментов к нижней части стропильных ног приклеиваются бобышки (бруски). Однако с другой стороны, как показали результаты натуральных испытаний стропильной системы, это вызывает увеличение опасности преждевременного разрушения узла и всей стропильной системы из-за отрыва приклеенной бобышки.

В статье приводятся графики распределения напряжений отрыва бобышки по длине клеевого шва, дается оценка их влияния на несущую способность опорного узла и рекомендации по разработке безопасной конструкции этого узла.

Ключевые слова: стропильная система, опорный узел, напряжённное состояние, расчёт.

ANALYSIS OF THE ACTUAL BEHAVIOR OF A HEEL JOINT OF A RAFTER SYSTEM OF A TOTAL- PREFABRICATED HOUSE

Vdovin Vyacheslav Mikhailovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Professor of the department «Building constructions».

Abstract

The results of the calculation of the actual stress-strain state of the elements of the support assembly of the rafter legs are presented. In order to reduce the bending moments, the bosses (beams) are glued to the bottom of the rafter legs. However, on the other hand, as shown by the results of full-scale tests of the rafter system, this causes an increase in the risk of premature destruction of the assembly and the entire rafter system due to the detachment of the glued lug.

In the article, graphs of the distribution of tear-off stresses along the length of the glue seam are given, their effect on the load-bearing capacity of the support unit and on the reconstruction of the safe design of this unit is estimated.

Keywords: rafter system, heel joint, state of stress, analysis.

Стропильная система полносборного дома собирается из небольшого числа крупных кровельных щитов, склеиваемых из дощатых стропил и обшивки из древесно-стружечных плит. Для уменьшения изгибающих моментов к стропильным ногам в опорных узлах приклеиваются дополнительные деревянные бобышки, которые способствуют появлению в стропильных ногах изгибающих моментов обратного знака, т.е. в определённой степени к уменьшению в них величины расчётных изгибающих моментов, а, следовательно, к уменьшению размеров поперечного сечения стропильных ног, т.е. к экономии древесины.

Конструкция такого опорного узла, получившая довольно широкое признание в строительстве полносборных домов [1] показана на рисунке 1. Однако, как показали натурные испытания [2], стропильная система с такими опорными узлами обладает недостаточной надёжностью, и слабым местом при этом являются опорные узлы, которые способствуют преждевременному разрушению всей системы, вследствие преждевременного отрыва бобышки от стропильных ног из-за отрывающих напряжений в приклеенной бобышке. В

настоящей статье дается ответ на причины преждевременного отрыва бобышки путем выявления действительного напряженно-деформированного состояния.

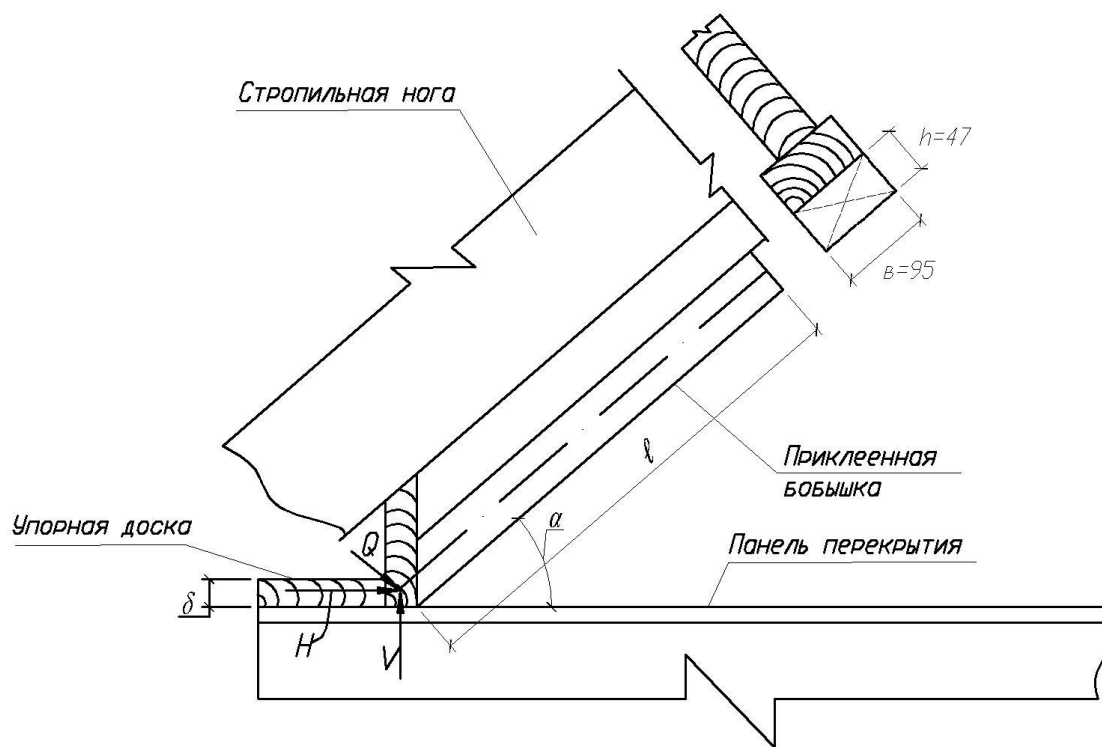


Рисунок 1 – Опираие стропильных ног на панель перекрытия

В опорном узле действуют две составляющие опорной реакции – горизонтальная (H) и вертикальная (V). Наибольшую опасность, как показывают испытания, представляет горизонтальная сила – распор H . Разложив её на две составляющие (рисунок 2) отметим, что наиболее опасной является сила Q , которая вызывает отрыв приклеенной бобышки. Отрыв бобышки приводит к разрушению узла, а следовательно и всей стропильной системы. Для исследования действительного напряженного состояния в клеевом шве, приклепляющего бобышку к стропильной ноге, воспользуемся методом Жемочкина Б.Н., изложенным в книге «Расчёт упругой заделки стержня», приняв за упругую среду стропильную ногу, а за упругий

изгибаемый стержень – деревянную бобышку. Расчётная схема представлена на рисунке 2.

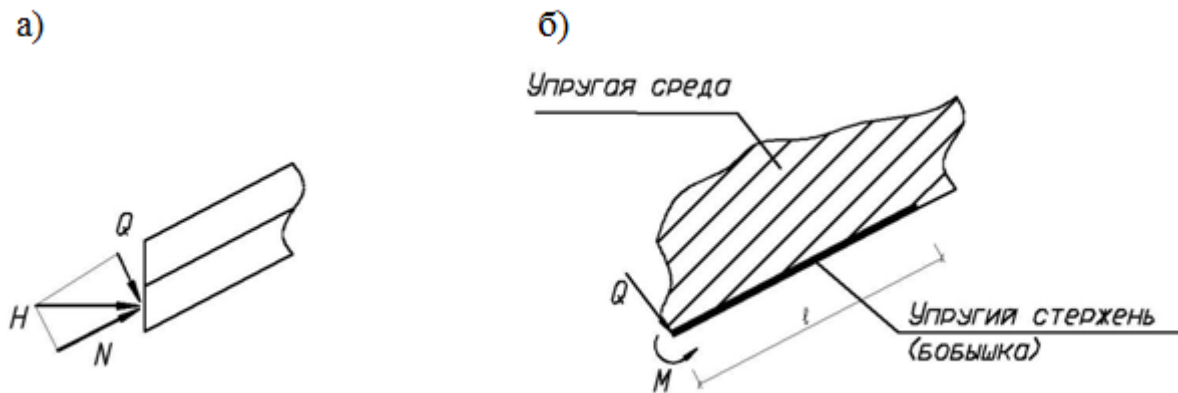


Рисунок 2 – Расчётная схема для упорного стержня: а) схема действующих усилий на бобышку; б) идеализированная схема для расчета бобышки

Устанавливаем соотношения между упругими характеристиками среды и изгибаемого стержня

$$\beta = A \frac{E_0 l^4}{EI} \quad (1)$$

где E_0 – модуль упругости среды (древесины);

l – глубина заделки стержня в среду ($l=60$ см)

EI – жесткость стержня ($E=10^4$ МПа; $I = \frac{bh^3}{12} = \frac{9,5 \cdot 4,7^3}{12} = 82,2$ см⁴)

A – коэффициент, принимаемый равным $A = \frac{(1-\mu)}{(1+\mu)(3-4\mu)} = 0,325$ при

$\mu=0,032$ для древесины в поперечном направлении.

Подсчитаем по формуле (1) значение β :

$$\beta = A \frac{E_0 l^4}{EI} = 0,325 \frac{60^4}{82,2} = 51240.$$

Коэффициент β получился больше 1000. Это значит, что не вся величина l включается в работу, концевая часть бобышки не работает. В таком случае в

расчёт следует внести только часть длины стержня, сократив l настолько, чтобы β не превышало 1000.

$$\text{Из (1) имеем: } l = \sqrt[4]{\frac{\beta EI}{AE_0}} = \sqrt[4]{\frac{\beta I}{A}} = \sqrt[4]{\frac{1000 \cdot 82,2}{0,325}} = 22,4 \text{ см}$$

Введя такое значение l , построим график распределения нормальных напряжений отрыва по длине бобышки при $\beta = 1000$ от действия силы $Q = 1$ и от действия момента $M = 1$. Эти графики представлены на рисунках 3 и 4.

Напряжения в любой точке бобышки по длине l будут равны:

от силы P :
$$\sigma_p = \frac{y}{bh} P \quad (2)$$

от момента M :
$$\sigma_p = \frac{y}{bh^2} M \quad (3)$$

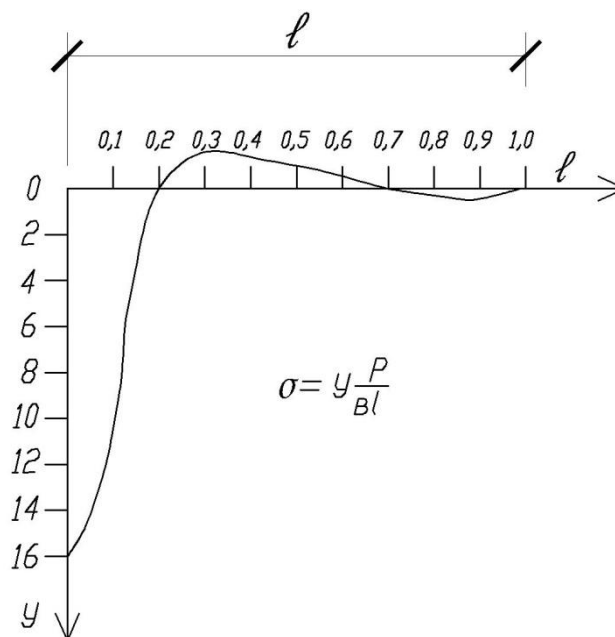


Рисунок 3 – Распределение напряжений отрыва бобышки от действия силы $P=1$

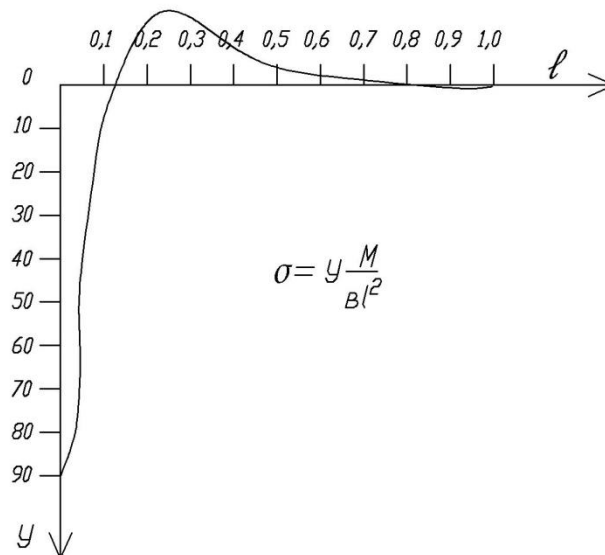


Рисунок 4 – Распределение напряжений отрыва бобышки от действия момента $M=1$

Из статического расчёта стропильной системы от действия на неё расчётных нагрузок (постоянная и снеговая по 3 району) имеем, что опорные реакции в опорном узле равны: $V=3,6$ кН и $H=2,94$ кН. Эти опорные реакции дают составляющие при угле наклона крыши $\alpha=45^0$:

- отрывающая сила $Q = H \cdot \cos 45^0 = 2,07$ кН;
- изгибающий момент $M = H \cdot e = 2,94 \cdot 1,72 = 5,05$ кН·см

По графикам на рисунках 3 и 4 находим максимальное значение коэффициентов:

$$y_p = 16; y_m = 90$$

Максимальные напряжения отрыва бобышки по формулам (2), (3) равны:

$$\sigma_p = 16 \frac{207}{9,5 \cdot 22,4} = 15,56 \text{ кгс/см}^2 = 1,556 \text{ МПа}$$

$$\sigma_m = 90 \frac{505}{9,5 \cdot 22,4^2} = 9,53 \text{ кгс/см}^2 = 0,953 \text{ МПа}$$

Полные напряжения от совместного действия сил P и изгибающего момента M равны:

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_m = 1,556 + 0,953 = 2,509 \text{ МПа.}$$

Как видно, эти напряжения значительно превышают величину расчётного сопротивления древесины растяжению поперёк волокон $R_{p90} = 1,5$ МПа (согласно СП 64.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции. Нормы проектирования»).

Следовательно, слабым местом работы опорного узла является отрыв бобышки, что подтверждают неоднократные натурные испытания стропильной системы дома серии 101-1-3Д.

Таким образом, результаты расчетов показали, что конструкция опорного узла стропильной системы деревянных и полносборных домов, широко применяемых в строительстве, не отвечает требованию достаточной надежности и требует усовершенствования. Опасным в работе узла, как показали результаты расчетов, является отрыв бобышки по клеевому шву, что связано с большой концентрацией напряжений отрыва, направленных поперек волокон древесины, т.е. в направлении наименьшей её прочности. Полученные результаты расчетов учтены при разработке новой конструкции опорного узла приведенного в работе [1].

Библиографический список:

1. Вдовин В.М., Карпов В.Н. Полносборный деревянный дом. Пенза.: ПГУАС, 2015. 146 с.
2. Вдовин В.М., Карпов В.Н. Натурные испытания стропильной системы полносборного деревянного дома // Известия вузов. Строительство. 2000. №14.