

распределением по карте. В целях предотвращения стекания смеси на уклонах производят также втапливание черного щебня из расчета 16-20 кг/м².

При производстве работ навстречу движения транспорта необходимо принимать дополнительные меры для обеспечения безопасности работ и движения транспорта. Термос-миксер должен работать с зажженными фарами и мигалкой, а впереди, не менее, чем за 10 м от машины, должен быть установлен предупредительный знак и место работ ограждено.

Этап 5. Распределение и втапливание черного щебня.

Операцию производят на картах площадью более 3 м² сразу после укладки литой смеси. С этой целью специально обученный дорожный рабочий совковой лопатой разбрасывает рассевом в одну щебенку черный щебень из расчета 6-3 кг/м². Под собственной массой щебень втапливается в покрытие и закрепляется в нем. Невтопившийся щебень затем сметается и собирается для повторного использования.

Этап 6. Охлаждение отремонтированного участка покрытия.

Для ускорения ввода в эксплуатацию отремонтированной площади производят искусственное орошение поверхности холодной водой, используя для этой цели поливочную машину.

Этап 7. Снятие технических средств организации движения.

По достижении покрытием температуры наружного воздуха технические средства организации движения снимают и открывают движение автомобильного транспорта. Открытие движения транспорта по неостывшему покрытию категорически запрещается.

УДК 624.011.1

Коршун А.Ю.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Захаркевич И.Ф.

АНАЛИЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИСЯЧИХ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОПИЛ

Введение

В современном строительстве широкое распространение получают скатные крыши с применением наслонных и висячих деревянных стропил. Висячие стропила пролетами до 12 м применяются в зданиях без средних опор (стен или колонн) с опиранием на наружные стены. Основными элементами висячих стропил являются стропильные ноги и затяжки.

Уклон кровли составляет $i = 0,5 - 1,0$ ($\alpha = 25^\circ - 45^\circ$) что соответствует отношению

$$h/l = \frac{1}{4} - \frac{1}{2}.$$

В соответствии с [1] расчетная схема висячих стропил представлена на рис. 1.

С точки зрения статики такая система является геометрически неизменяемой и статически определимой.

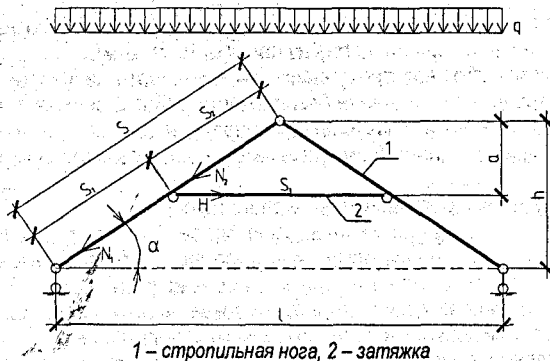
В [1] приведены формулы для определения усилий в элементах при действии равномерно-распределенной нагрузки на горизонтальную проекцию стропил (с оговоркой, что это приближенные формулы).

Опорные реакции:

$$A = B = \frac{q \cdot l}{2}. \quad (1)$$

Изгибающий момент в стропильной ноге в месте примыкания затяжке:

$$M_c = \frac{q \cdot l^2}{8} \cdot \left(\frac{h^2 - a^2}{h^2} \right). \quad (2)$$



1 – стропильная нога, 2 – затяжка

l – пролет системы; a – расстояние от конька до затяжки; S – общая длина стропильной ноги; S_1 – длина нижнего участка стропильной ноги (от опоры до затяжки); S_2 – длина верхнего участка стропильной ноги (от затяжки до конька); S_3 – длина затяжки

Рисунок 1 – Расчетная схема висячих стропил

Продольное усилие в затяжке:

$$H = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot a} \quad (3)$$

Продольное усилие на нижнем участке стропильной ноги:

$$N_1 = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{S}{h} \quad (4)$$

Продольное усилие на верхнем участке стропильной ноги:

$$N_2 = \frac{q \cdot l}{4} \cdot \frac{S}{a} \quad (5)$$

Целью данной работы было намечено решение следующих задач:

- 1) установить достоверность приведенных выше формул;
- 2) установить зависимость напряженного состояния элементов системы от следующих факторов:
 - от расположения затяжки по высоте системы;
 - от угла наклона стропильных ног;
 - от способа закрепления опор.

Для установления достоверности приведенных формул выполнен тестовый пример для схемы стропил на рис. 1 при следующих данных $l = 9 \text{ м}$, $a = 1,5 \text{ м}$, $h = 3 \text{ м}$, $q = 1,5 \text{ кН/м}$. Расчет выполнялся с использованием программы "SIRIUS". Результаты расчета приведены на рисунке 2.

В результате анализа полученных данных (табл. 1) были уточнены некоторые выше приведенные формулы:

в формуле (4) вместо $N_1 = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{S}{h}$ – должно быть $N_1 = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{h}{S}$;

в формуле (5) вместо $N_2 = \frac{q \cdot l}{4} \cdot \frac{S}{a}$ – должно быть $N_2 = \frac{q \cdot l}{2} \cdot \left(\frac{S}{2 \cdot a} - \frac{a}{S} \right)$.

Следует отметить, что продольные усилия по приближенным формулам (4) и (5) в значительной степени завышались. Так:

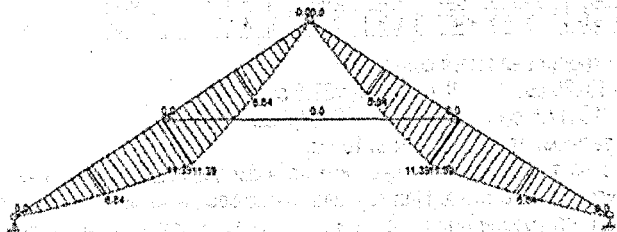
N_1 – в 3,25 раза (вместо 3,74 – 12,17 кН);

N_2 – в 1,04-1,64 раза (вместо 10,3–12,17 кН, вместо 4,6–7,6 кН).

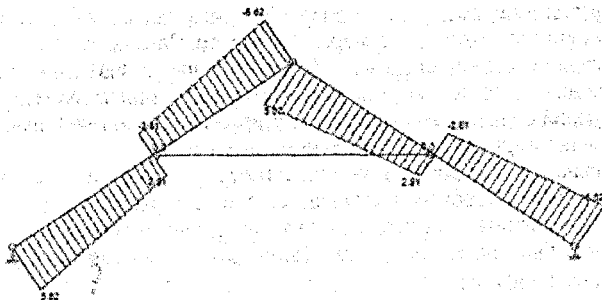
1. Напряженное состояние элементов системы в зависимости от расположения затяжки по высоте

Для это были выполнены статические расчеты системы и определены усилия в элементах при следующих данных: равномерно распределенная нагрузка на горизонтальную поверхность $q = 1,5 \text{ кН/м}$, пролет $l = 9 \text{ м}$ высота системы $h = \frac{1}{3} \cdot l = 3 \text{ м}$, $S = 5,408 \text{ м}$.

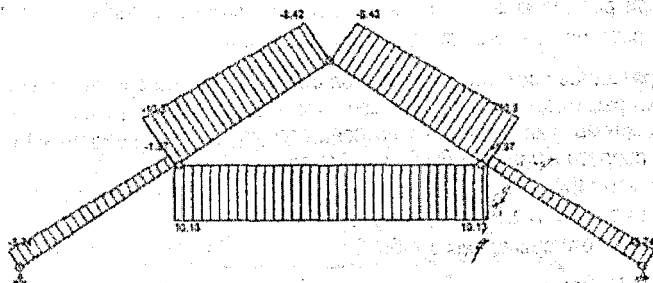
а)



б)



в)



а) эпюра моментов M , кНм; б) эпюра поперечных сил Q , кН; в) эпюра продольных сил N , кН
Рисунок 2 – Эпюры расчетных усилий в элементах системы

Пролёт и высота системы были приняты постоянными, варьировалось отношение $a/h = 0,3 - 1,0$.

По результатам расчета были определены усилия и подобраны сечения элементов. В качестве материала была принята древесина – сосна 1 сорта с расчетным сопротивлением в соответствии с [2] $f_{c,0d} = 14,7 \text{ МПа}$.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Усилия в элементах и расход древесины по расчетной схеме (рис. 1).

Схема	a/h	a , м	S_1 , м	S_2 , м	S_3 , м	M , кН·м	N_1 , кН	N_2 , кН	H , кН	$V_{дрес}$, м ³	Разница V по сравн. со схе- мой II, %
I	0,3	0,9	3,79	1,62	2,7	13,8	3,74	19,5	16,86	0,2835	+6,9
II	0,5	1,5	2,705	2,705	4,5	11,39	3,74	10,3	10,12	0,265	-
III	0,8	2,4	1,08	4,33	7,2	5,83	3,74	4,6	6,33	0,225	-1,5
IV	1,0	3,0	$S = 5,408$		9,0	3,8	3,74	-	5,06	0,234	-12

Сечение стропильной ноги составило:

I схема – 10x25 см; II схема – 10x22,5 см;

III схема – 10x17,5 см; IV схема – 10x17,5 см.

Сечение затяжки для всех схем 5x10 см.

Как видно из таблицы, со снижением затяжки уменьшается величина изгибающего момента и усилия в затяжке. Наименьший изгибающий момент возникает при расположении затяжки на уровне опор, т.е. при $a = h$. В этом случае исходя из условия прочности достаточно сечение стропильной ноги 10x15 см однако прогиб стропильной ноги, в связи с отсутствием промежуточной опоры (затяжки), превышает допустимое значение, поэтому сечение увеличено до размеров 10x17,5 см. Сечение стропильной ноги определялось как сжато-изгибаемый элемент. При этом было установлено, что основное влияние на напряженное состояние стропильных ног оказывает изгибающий момент. Величина напряжений от действия продольных усилий составляет не более 1-2% от расчетного сопротивления древесины, для схемы IV – 5,6%.

Максимальное усилие растяжения для затяжки составило 16,86 кН для схемы I. Исходя из этого усилия, требуемая площадь сечения составляет 16 см². Поскольку в соответствии с требованиями [2] площадь сечения деревянных элементов несущих конструкций должна быть не менее 50 см², было принято сечение затяжки для всех схем $b \times h = 5 \times 10$ см ($A = 50$ см²).

Сопоставление расхода древесины в табл. 1 выполнено по сравнению со схемой II, т.к. она при расположении затяжки на половине высоты стропил ($a/h = 0,5$) является наиболее распространенной при устройстве стропил.

2. Напряженное состояние элементов системы в зависимости от наклона стропил

По вышерассмотренной статической схеме были рассмотрены три варианта стропильной системы зависимости от наклона стропил и расположения затяжки. При этом величина пролета и нагрузки была принята постоянной $l = 9$ м, $q = 1,5$ кН/м. Схема II – I, $h/l = 1/2; 1/3; 1/4; a/h = 0,5$

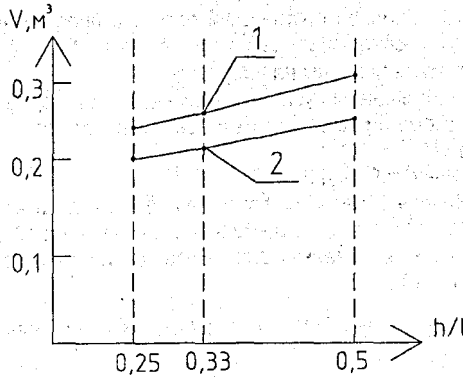
Схема I – 2, $h/l = 1/2; 1/3; 1/4; a/h = 0,8$

Данные расчета приведены в табл. 2

Таблица 2 – Расход древесины на стропильную систему

h/l	h , м	a/h			a/h		
		a , м	сечение, см	V , м ³	a , м	сечение, см	V , м ³
1/2	4,5	2,25	10 × 22,5	0,308	3,6	10 × 17,5	0,258
1/3	3,0	1,5	10 × 22,5	0,265	2,4	10 × 17,5	0,225
1/4	2,25	1,125	10 × 22,5	0,248	1,8	10 × 17,5	0,212

Графическая зависимость расхода древесины на стропильную систему в зависимости от отношения h/l приведена на рисунке 3.



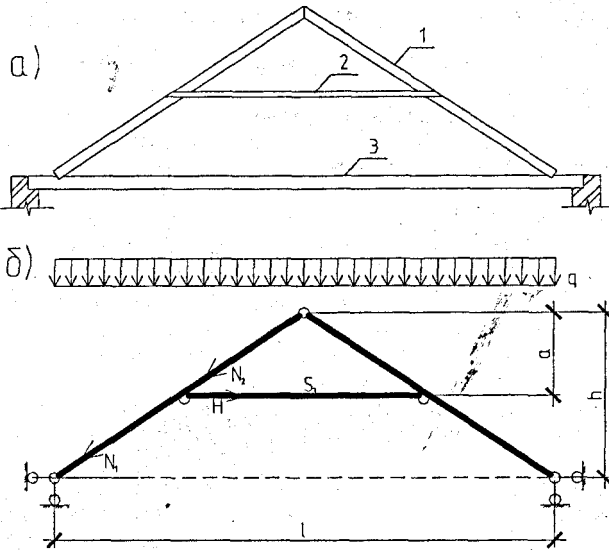
1 – при $a/h = 0,5$, 2 – при $a/h = 0,8$

Рисунок 3 – Расход древесины на стропильную систему

3. Напряженное состояние элементов стропильной системы в зависимости от способа закрепления опор

В практике строительства часто применяется конструктивное решение с опиранием стропил на балки чердачного перекрытия (рис. 4 а).

В этом случае балка играет роль второй затяжки на уровне опор. При таком решении расчетную схему системы можно представить с неподвижными опорами как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении (рис. 4 б).



а – общий вид; б – расчетная схема

1 – стропильная нога, 2 – затяжка, 3 – балка чердачного перекрытия

Рисунок 4 – Висячие стропила с опиранием на балку

Для такой схемы выполнен статический расчет в программе "SIRIUS" и подобраны сечения элементов при следующих данных: $l = 9 \text{ м}$, $a = 1,5 \text{ м}$, $h = 3 \text{ м}$, $q = 1,5 \text{ кН/м}$.

Результаты расчета приведены на рисунке 5.

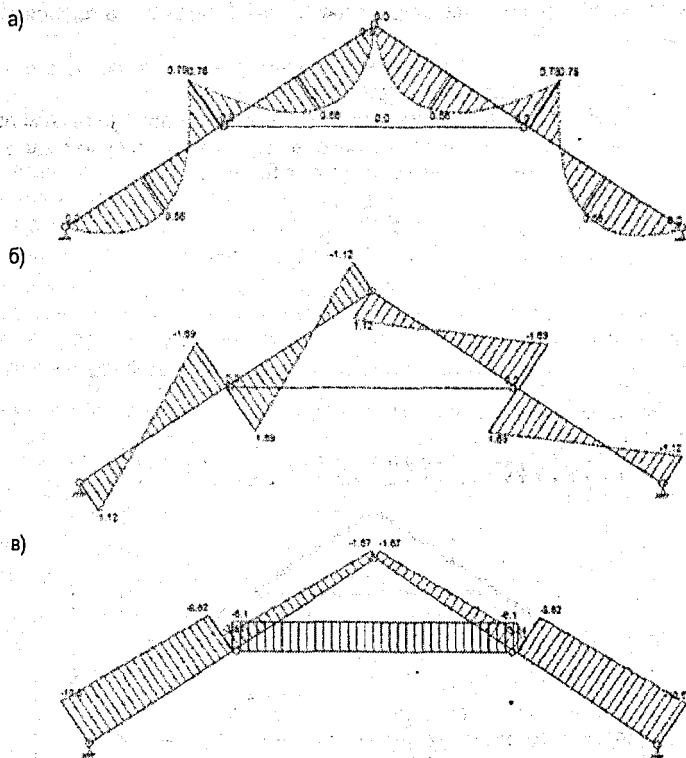
Были сопоставлены значения усилий в элементах и расход древесины в стропилах по данной расчетной схеме и расчетной схеме без закрепления опор в горизонтальном направлении (рис. 1).

Данные приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, расчетные усилия в элементах стропильной системы при горизонтальном закреплении опор существенно меньше, чем при отсутствии таких закреплений, а расход древесины уменьшается более чем на 50%. Сечение стропильной ноги составляет $b \times h = 10 \times 10 \text{ см}$.

Таблица 3 – Усилия в элементах и расход древесины в стропильной системе.

Расчетная схема	M , кН·м	N_1 , кН	N_2 , кН	H , кН	$V_{\text{древ}}$, м ³	Разница $V_{\text{др}}$, по сравн. со схемой рис.1, %
Рис.1	11,39	3,74	10,3	10,12	0,265	-
Рис.4	0,73	10,47	3,5	8,04	0,13	- 50,9



а – значения изгибающих моментов; б – значения поперечных сил; в – значения продольных сил
Рисунок 5 – Результаты статического расчета висячих стропил по схеме 4 б.

Выводы по работе

В результате выполненных расчетов и анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Расположение затяжки по высоте стропил влияет на напряженное состояние элементов и, следовательно, на расход древесины. Располагать затяжку целесообразно на расстоянии от конька $a/h = 0,5 - 0,8$. Наименьший расход древесины при $a/h = 0,8$.
2. Сечение элементов стропил не зависит от угла наклона стропил при одинаковой нагрузке, поскольку напряжения от продольной силы в стропильной ноге незначительны по сравнению с напряжением от изгибающего момента. А величина изгибающего момента при одинаковой нагрузке на горизонтальную поверхность стропил не зависит от угла наклона стропил.
3. При опирании стропил на балки чердачного перекрытия в расчетной схеме необходимо учитывать неподвижные горизонтальные опоры, что соответствует реальной работе стропильной системы и приводит к существенной экономии древесины.

Список цитированных источников

1. Отрешко, А.И. Деревянные конструкции: Справочник проектировщика / А.И. Отрешко. – М.: Стройиздат, 1957. – 262 с.
2. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-5.05-146-2009(02250). – Введ. 01.01.2010. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь 2009. – 63 с. Технический кодекс установившейся практики.

УДК 693.9

Кредько В.А.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Черноиван В.Н.

ЭФФЕКТИВНАЯ СТЕНОВАЯ ПАНЕЛЬ С ГЕРМЕТИЧНЫМ РЕШЕНИЕМ СТЫКОВ

Конструкция крупнопанельного бескаркасного здания, основанная на принципе совместной пространственной работы всех его элементов, совмещение в элементах стен несущих и ограждающих функций, сравнительно небольшое количество типоразмеров конструктивных элементов, простота технологии монтажа таких зданий способствовали тому, что с начала семидесятых годов XX века панельное домостроение обеспечивало основные объемы жилищного строительства в СССР.

На сегодня основным конструктивным решением стеновых панелей, используемых в качестве наружного ограждения, являются многослойные конструкции заводского изготовления. Состоят они из двух бетонных слоев, между которыми на гибких связях закреплен слой теплоизоляции – плитный пенополистирол.

Конструктивное решение наружных стеновых панелей, выпускаемых на Брестском КПД, с учетом требований действующих нормативных документов [1] приведено на рис. 1.

Масса 1 м^2 наружного ограждения такой стеновой панели около 430 кг. Расход бетона на 1 м^2 панели – $0,17 \text{ м}^3$. Затраты труда на установку в проектное положение наружных стеновых панелей заводского изготовления для жилых зданий составляют $0,5 \dots 0,6 \text{ чел.}\cdot\text{ч.}$ на 1 м^2 .

Основным эксплуатационным недостатком наружного стенового ограждения крупнопанельного бескаркасного здания, выполненного из многослойных сборных железобетонных панелей заводского изготовления, являются стыки.

Заделка стыков на сегодня – это трудоемкий технологический процесс, включающий в себя: конопатку, зачеканку, теплоизоляцию и расшивку швов. Все технологические операции выполняются вручную. Работы ведутся на высоте, как правило, со струнных под-