

Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Самкевич В.А., Лебедь В.А.

КОНСТРУКЦИИ ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЛЯ СКАТНЫХ КРЫШ

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с государственной программой развития села в Брестской области в 2004 году построено 1630 домов усадебного типа. На 2005 год запланировано строительство 1490 домов.

К применению в Брестской области Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь утверждён одноэтажный жилой дом со стенами из газосиликатных блоков, разработанный ГУПИП «Институт Брестпроект» (Т.П. 183.00.16.04).

Чердачное перекрытие в жилом доме запроектировано по деревянным балкам, выполненным из бруса сечением от 200×220 мм до 150×180 мм. Подшивка потолка по деревянным балкам, выполняется из обрезной доски толщиной 25 мм по черепным брускам. Общий расход древесины на чердачное перекрытие составляет 5,4 м³.

Крыша – скатная. Несущие элементы крыши – стропильная система с прогонами под волнистый асбестоцементный лист. Расход древесины на 1 м² ската кровли составляет более 0,05 м³. Увеличение с 01.01.2005 года цены на древесину в два раза, а также высокая трудоемкость возведения заложенного в проекте конструктивного решения чердачного перекрытия (более 130 чел.-час на здание [8]) и скатной крыши (более 45 чел.-час на 100 м² ската кровли [8]), привели к тому, что строительные организации не укладываются в установленную правительством сметную стоимость – 18 тыс. у.е.

Одним из резервов снижения стоимости жилых домиков, возводимых по т.п. 183.00.16.04, строительные организации считают замену конструкций построенного изготовления чердачного перекрытия и несущих элементов скатной крыши на конструкции заводского изготовления.

Авторы статьи предлагают применить для:

- чердачного перекрытия - легкие ограждающие конструкции заводского изготовления на основе древесины;
- скатной крыши - деревянные фермы и щитовую обрешетку заводского изготовления.

1. КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ЧЕРДАЧНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

Анализ литературных источников показал, что из известных в настоящее время легких ограждающих конструкций на основе древесины, наиболее перспективными для использо-

вания в чердачном перекрытии домов усадебного типа являются *ребристые плиты покрытия* [6, 7].

Ребристые плиты покрытия состоят из продольных несущих ребер (деревянного каркаса) и двух обшивок, выполненных из листовых материалов (рис. 1).

Наиболее широкое применение в практике строительства получили ребристые панели покрытия на деревянном каркасе с обшивками из плоского асбестоцементного листа или фанеры.

На сегодня разработаны нормативные документы по проектированию и расчету ребристых клеефанерных и асбестоцементных плит покрытия [1, 2].

Нормативная база и опыт применения ребристых клеефанерных и асбестоцементных плит в чердачных перекрытиях одноэтажных жилых домов – отсутствует.

Выполненные поисковые исследования по определению рационального конструктивного решения ребристых плит чердачного перекрытия позволяют сделать следующие выводы.

Клеефанерные плиты

Достоинства:

- высокие прочностные и конструкционные свойства фанеры позволяют обеспечить транспортабельность панелей;
- применение неподатливого (клеевого) соединения обшивок с каркасом обеспечивает совместность их работы под нагрузкой;
- масса 1 м² панели в среднем – 50 кг;
- трудоемкость монтажа (плита размером 3×1,5 м) – 0,45 чел.-час [7].

Недостатки:

- невысокие прочностные характеристики фанеры на изгиб поперек волокон наружных слоев требуют установки не менее четырех продольных ребер, что приводит к существенному увеличению расхода древесины.

Асбестоцементные плиты

Достоинства:

- масса 1 м² плиты составляет 60...65 кг, что в 4,5...5 раз меньше массы железобетонных панелей;
- прочностные характеристики асбестоцемента позволяют выполнять каркас из двух деревянных ребер;
- трудоемкость монтажа (плита размером 3×1,5 м) – 0,3 чел.-час [7];
- доступность и низкая стоимость асбестоцемента.

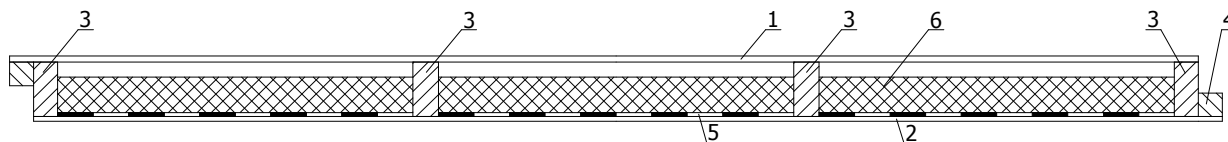


Рис. 1. Ребристая плита покрытия (поперечное сечение клеефанерной плиты):

- 1 – верхняя обшивка; 2 – нижняя обшивка; 3 – продольные ребра каркаса;
4 – стыковочный брус; 5 – пароизоляция; 6 – утеплитель.

Черноиван Вячеслав Николаевич, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Черноиван Николай Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Самкевич Виталий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Лебедь Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

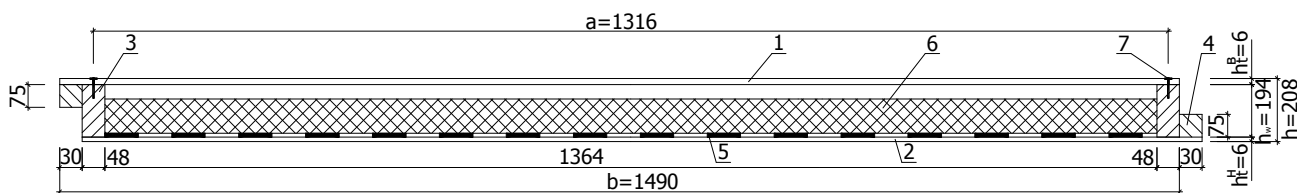


Рис. 2. Ребристая плита с комбинированными обшивками (поперечное сечение):

1 – верхняя обшивка (асбестоцементный лист); 2 – нижняя обшивка (фанера клееная); 3 – продольные ребра (древесина); 4 – стыковочный брусок (древесина); 5 – пароизоляция (оклеечная); 6 – утеплитель (плитный); 7 – оцинкованный шуруп.

Недостатки:

- необходимость применять для соединения обшивок с каркасом только податливых соединений приводит к снижению их несущей способности на 30...40% и увеличению трудоемкости изготовления.

С учетом выше изложенного, предлагается в чердачном перекрытии жилых домов применять *ребристые плиты с комбинированными обшивками из листовых материалов.*

Конструктивное решение и основные геометрические размеры поперечного сечения предлагаемой плиты чердачного перекрытия приведены на рис. 2.

Несущий каркас плиты (3) выполняется из *двух деревянных* ребер. Верхняя обшивка (1) – из плоского асбестоцементного листа толщиной 8 мм (ГОСТ 18124-95). Крепление верхней обшивки с ребрами деревянного каркаса выполняется на оцинкованных шурупах (7) диаметром 4...5 мм. Шаг установки шурупов – не более 250 мм.

Нижняя обшивка (2) выполняется из фанеры клееной толщиной 6 мм (ГОСТ 3916-89).

Соединение фанерной обшивки с ребрами каркаса выполняется на клею с запрессовкой на гвоздях (шурупах).

В качестве утеплителя (6) используются маты минераловатные прошивные марки МГС1-100-2000.1000.70 по ГОСТ 21880-94, толщиной 140 мм.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕБРИСТЫХ ПЛИТ ЧЕРДАЧНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМИ ОБШИВКАМИ

Предлагаемая методика расчета базируется на действующих нормативных документах [1, 2, 3, 4, 6].

2.1. Действующие нагрузки

Постоянные: собственный вес плиты с утеплителем (G_d).

Временные:

а) вес человека с инструментом при монтаже конструкции (сосредоточенная) – $P_d = 1,2$ кН;

б) полезная нагрузка (равномерно-распределенная) – $Q_d = 0,91$ кН/м².

2.2. Расчет элементов плиты по прочности

Верхняя обшивка

Асбестоцементный плоский лист проверяется:

1. На сжатие от действия полной нагрузки (G_d+Q_d):

$$\sigma_{f,c} = M_{\max} / W_{ef}^{\sup} \leq f_c,$$

где M_{\max} – максимальный изгибающий момент, определяемый по формулам строительной механики;

W_{ef}^{\sup} – приведенный момент сопротивления плиты относительно ее верхней грани, вычисленный с учетом податливости соединения;

f_c – расчетное сопротивление материала обшивки (асбестоцемент) на сжатие (табл. 1 [2]).

2. На изгиб от действия монтажной нагрузки (P_d):

$$\sigma_{f,m} = M_d / W \leq f_{m,90},$$

где $M_d = P_d \times a / 8$;

W – момент сопротивления верхней обшивки;

$f_{m,90}$ – расчетное сопротивление материала обшивки (асбестоцемент) изгибу поперек листа (табл. 1 [2]);

a – расстояние между осями продольных ребер (рис. 2).

Нижняя обшивка

Нижняя фанерная обшивка проверяется:

1. На растяжение от действия полной нагрузки (G_d+Q_d):

$$\sigma_{f,t,d} = M_{\max} / W_{d,ef}^{\sup} \leq k_p \cdot f_{pt,0,d},$$

где M_{\max} – максимальный изгибающий момент;

$W_{d,ef}^{\sup}$ – приведенный момент сопротивления поперечного сечения плиты относительно ее нижней грани;

$f_{pt,0,d}$ – расчетное сопротивление фанеры на растяжение (табл. 6.11 [1]);

$k_p=0,6$ – при наличии в фанере обшивок стыков “на ус” (п. 7.3.1.9 [1]).

2. На скалывание клеевого шва между шпонами фанеры (в пределах ширины продольных ребер) от действия полной нагрузки (G_d+Q_d):

$$\tau_{f,d} = \frac{V_d \times S_{sd}}{I_{d,ef} \times \sum b_w} \leq f_{pv,0,d},$$

где V_d – максимальная поперечная сила;

S_{sd} – статический момент фанерной обшивки относительно центра тяжести приведенного сечения плиты;

$I_{d,ef}$ – приведенный (к материалу нижней обшивки) момент инерции сечения плиты;

$\sum b_w$ – суммарная ширина сечения продольных ребер;

$f_{pv,0,d}$ – расчетное сопротивление скалыванию клеевых швов между шпонами фанеры (табл. 6.11 [1]).

Деревянные ребра каркаса

Деревянные ребра каркаса проверяются на сжатие их верхней кромки от действия полной нагрузки (G_d+Q_d):

$$\sigma_{c,0,d} = M_{\max} / W_{d,ef}^{\sup} \leq f_{c,0,d},$$

где M_{\max} – максимальный изгибающий момент;

$W_{d,ef}^{\sup}$ – приведенный момент сопротивления плиты относительно верхней грани ребра;

$f_{c,0,d}$ – расчетное сопротивление древесины ребер на сжатие (табл. 6.5 [1]).

Соединение ребер каркаса с верхней обшивкой

Проверка прочности соединения ребер каркаса с верхней асбестоцементной обшивкой выполняется по выражению:

$$\frac{m \cdot S_{ef} \cdot M_{\max}}{5 I_{ef} \cdot n_n} \leq R_s,$$

где m – коэффициент, учитывающий распределение усилий между каркасом и обшивками и определяемый по п.п. 4.6. и 4.7 [2];

S_{ef} – приведенный статический момент сдвигаемой части поперечного сечения конструкции;

I_{ef} – приведенный (к материалу каркаса) момент инерции сечения плиты;

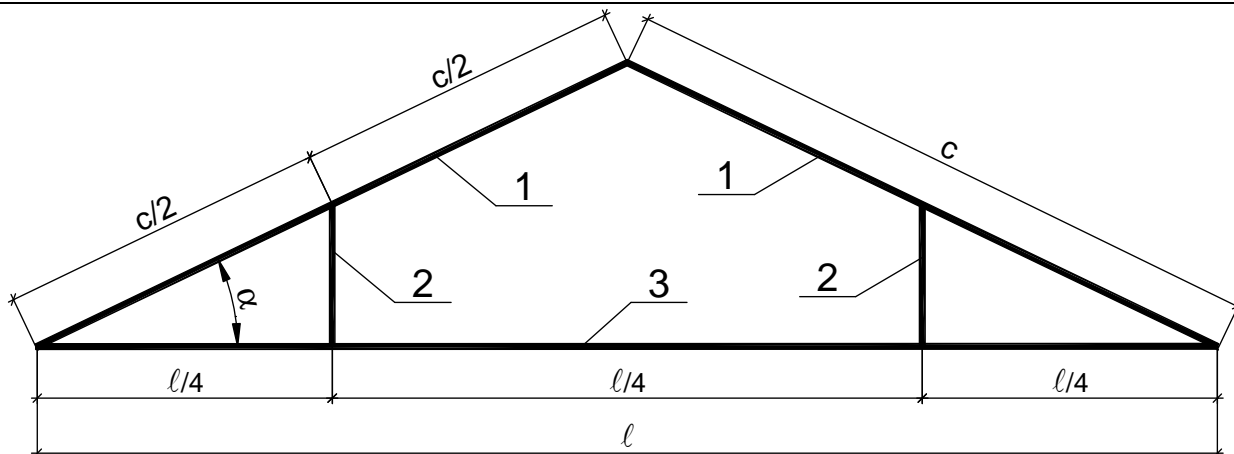


Рис. 3. Геометрическая схема фермы
1 – верхний пояс; 2 – стойки; 3 – нижний пояс.

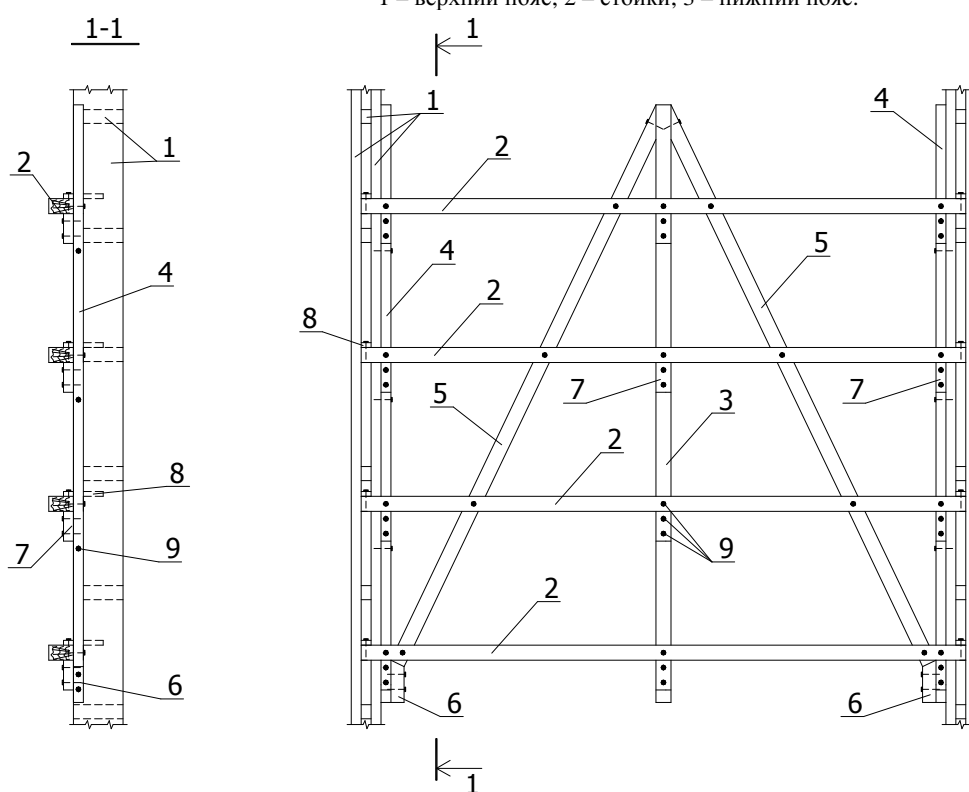


Рис. 4. Щитовая обрешетка

1 – верхний пояс фермы; 2 – обрешетины; 3 – центральная стойка щита; 4 – опорная стойка щита; 5 – раскос; 6 – упорная бо-
бышка; 7 – прибоина; 8 – фиксатор щита; 9 – стальной гвоздь.

n_n – число принимаемых срезов элементов соединения в каждом шве на рассматриваемом участке с однозначной эпюрой поперечных сил;

R_s – расчетное усилие, которое может быть воспринято одним элементом соединения из условия смятия материала каркаса (п. 5.1 [2]).

2.3. Расчет горизонтальных деформаций (прогибов) плиты

Относительный прогиб плиты предлагается вычислять по следующему выражению:

$$u_{\max} / l_d = \frac{5F_k \cdot l_d^3 \cdot \gamma_n}{384E_0 \cdot I_{ef}} \leq \left[u_{\max} / l_d \right],$$

где F_k – суммарное значение равномерно-распределенных постоянной и временной нормативных нагрузок;

E_0 – модуль упругости древесины ребер;

I_{ef} – приведенный (к материалу каркаса) момент инерции сечения плиты;

$\left[u_{\max} / l_d \right]$ – предельный относительный прогиб (табл. 19 [4]).

3. КОНСТРУКЦИЯ СКАТНОЙ КРЫШИ ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Выполненные авторами статьи исследования по определению рациональной геометрической схемы несущей деревянной конструкции скатной крыши, показали, что наиболее эффективной является треугольная ферма с решеткой из вертикальных стоек (рис. 3).

Верхний и нижний пояс фермы, а также вертикальные стойки, предлагается выполнять из составных балок: двух досок, соединенных по длине на болтах с использованием коротких прокладок (см. рис. 5).

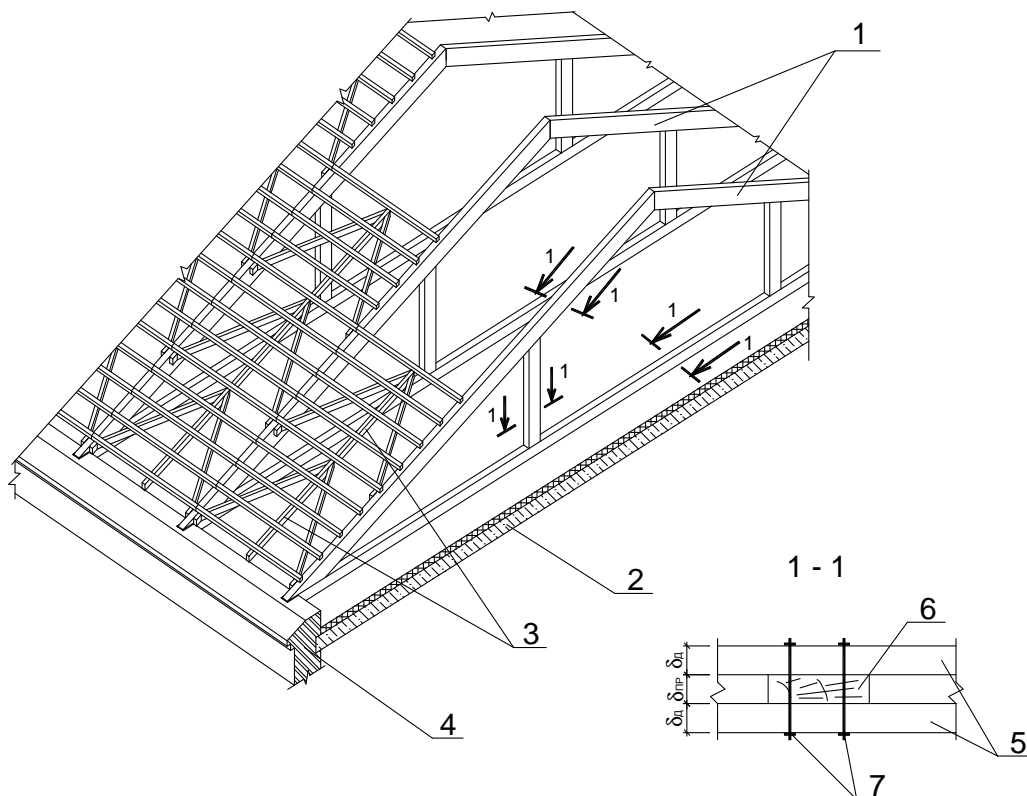


Рис. 5. Скатная кровля из конструкций заводского изготовления

1 – деревянная ферма; 2 – ребристая плита чердачного перекрытия; 3 – щитовая обрешетка; 4 – кирпичная стена; 5 – доски; 6 – короткая прокладка; 7 – болты.

Такое конструктивное решение поясов фермы и вертикальных стоек позволяет отказаться от применения пиломатериала дефицитного сортамента (бруса), существенно снизить трудоемкость монтажа несущих конструкций скатных крыш.

Следует отметить, что с увеличением пролета ферм от 12 метров и более, эффективность применения составных балок на податливых соединениях в качестве поясов ферм – возрастает (табл. 7.7. [1]).

Для снижения трудозатрат по устройству кровли из листов асбестоцементных волнистых предлагается по верхнему поясу ферм взамен обрешетки уложить деревянные щиты заводского изготовления (рис. 4).

Применение в щитовой обрешетке деревянных фиксаторов (8), позволяет без использования дополнительной технологической оснастки (распорок, оттяжек) установить деревянные фермы в проектное положение и обеспечить их закрепление в проектное положение.

Предлагаемый комплект конструкций заводского изготовления (рис. 5) может быть использован для скатных крыш из любых листовых и штучных кровельных материалов.

ВЫВОДЫ

1. Применение в чердачном перекрытии жилого дома ребристых плит заводского изготовления с комбинированными обшивками пролетом 6 метров позволяет по сравнению с типовым решением:

- уменьшить расход древесины более чем в 2,6 раза;
- снизить трудоемкость устройства чердачного перекрытия почти в 15 раз.

2. Применение при возведении скатных крыш, предлагаемого авторами статьи комплекта конструкций заводского изготовления: ферм на основе составных балок на податли-

вых соединениях, щитовой обрешетки с фиксаторами, позволит, по сравнению с применяемыми решениями построечного изготовления:

- более чем на 55% снизить трудозатраты на устройство скатной крыши;
- уменьшить расход древесины не менее чем в 1,8 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНБ 5.05.01-2000. Деревянные конструкции / Минстройархитектуры РБ. –Мн.: РУП «Минсктиппроект», 2001. – 72 с.
2. СНиП 2.03.09-85. Асбестоцементные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 16 с.
3. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. –М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 36 с.
4. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия (Дополнения. Разд.10 “Прогибы и перемещения”)/ Госстрой СССР. –М.: ЦНИТП Госстроя СССР. 1989. – 8 с.
5. А.М. Косогов., Л.Н. Пицкель. Асбестоцемент в строительстве сельских производственных зданий. – М.: Стройиздат, 1974. – 145 с.
6. Рекомендации по проектированию панельных конструкций с применением древесины и древесных материалов для производственных зданий /ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1982. – 120 с.
7. В.Н. Черноиван, Р.Б. Орлович, А.В. Мухин, В.В. Жук. Панели ограждающих конструкций на основе древесины. –Мн.: Ураджай, 1992. – 92 с.
8. Сборник типовых норм и расценок на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Выпуск 7. –М.: Стройиздат, 1979. – 89 с.