

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 м<sup>3</sup>.

Крыша – скатная. Несущие элементы крыши – стропильная система с прогонами под волнистый асбестоцементный лист. Расход древесины на 1 м<sup>2</sup> ската кровли составляет более 0,05 м<sup>3</sup>. 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 м<sup>2</sup> 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 м<sup>2</sup> 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 м<sup>2</sup> 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.

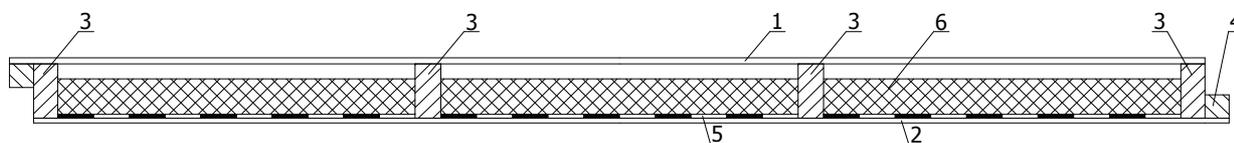


Рис. 1. Ребристая плита покрытия (поперечное сечение клеефанерной плиты):

- 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.

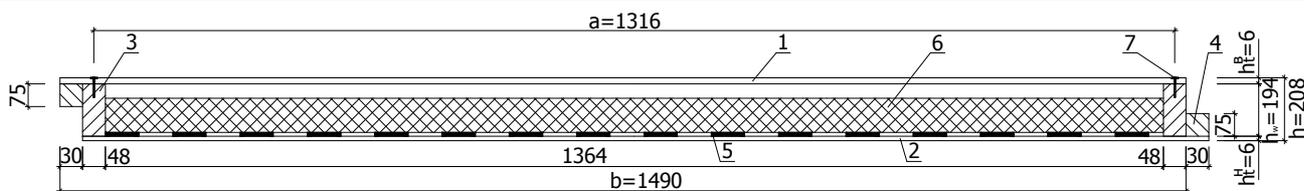


Рис. 2. Ребристая плита с комбинированными обшивками (поперечное сечение):

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/м<sup>2</sup>.

**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;

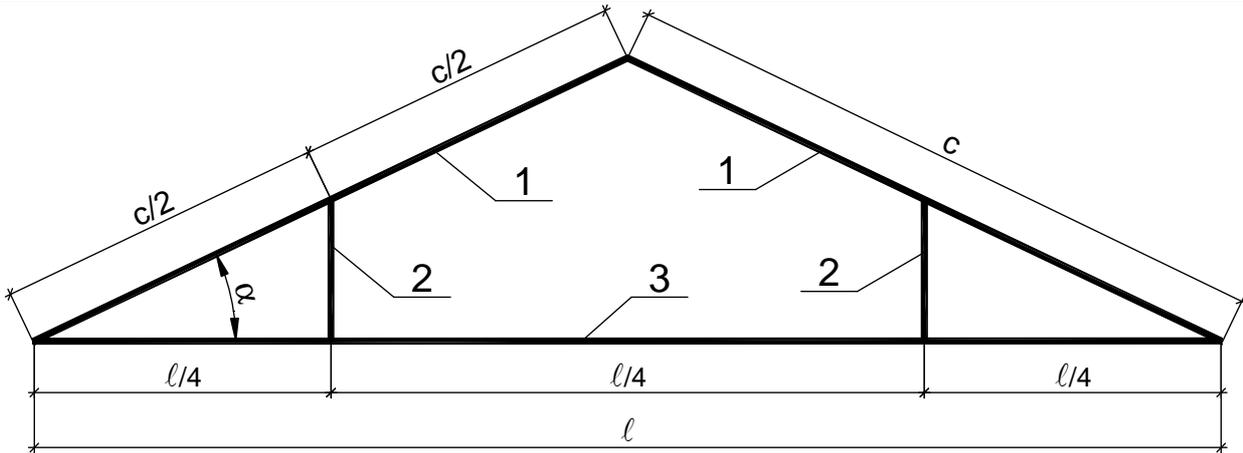


Рис. 3. Геометрическая схема фермы  
1 – верхний пояс; 2 – стойки; 3 – нижний пояс.

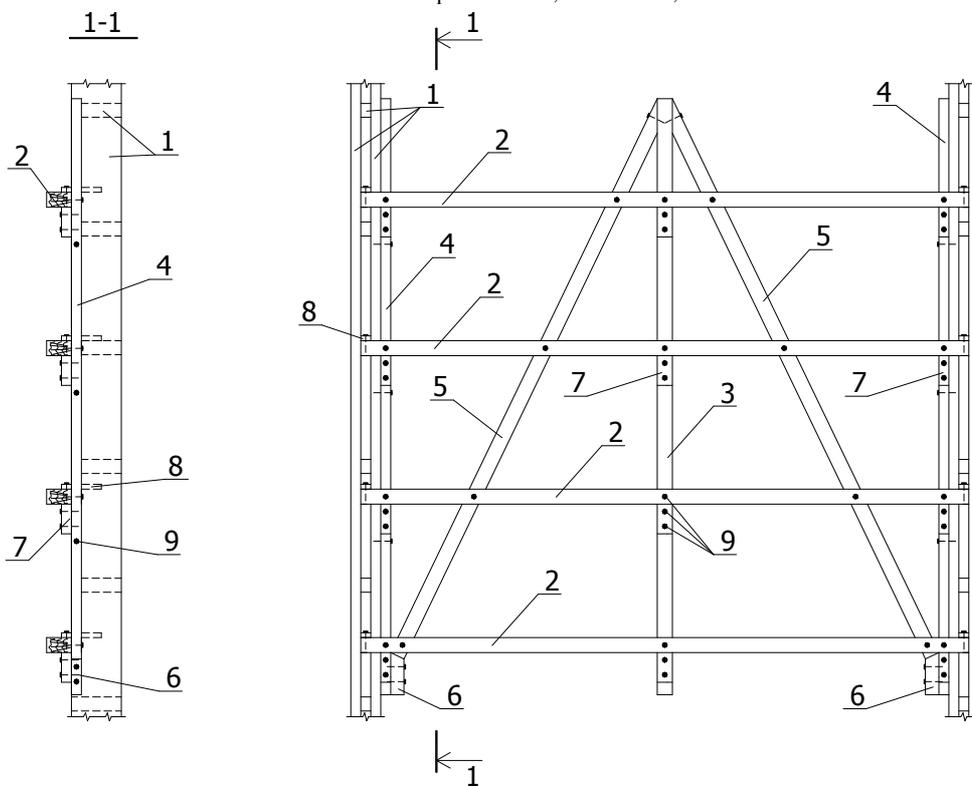


Рис. 4. Щитовая обрешетка

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).

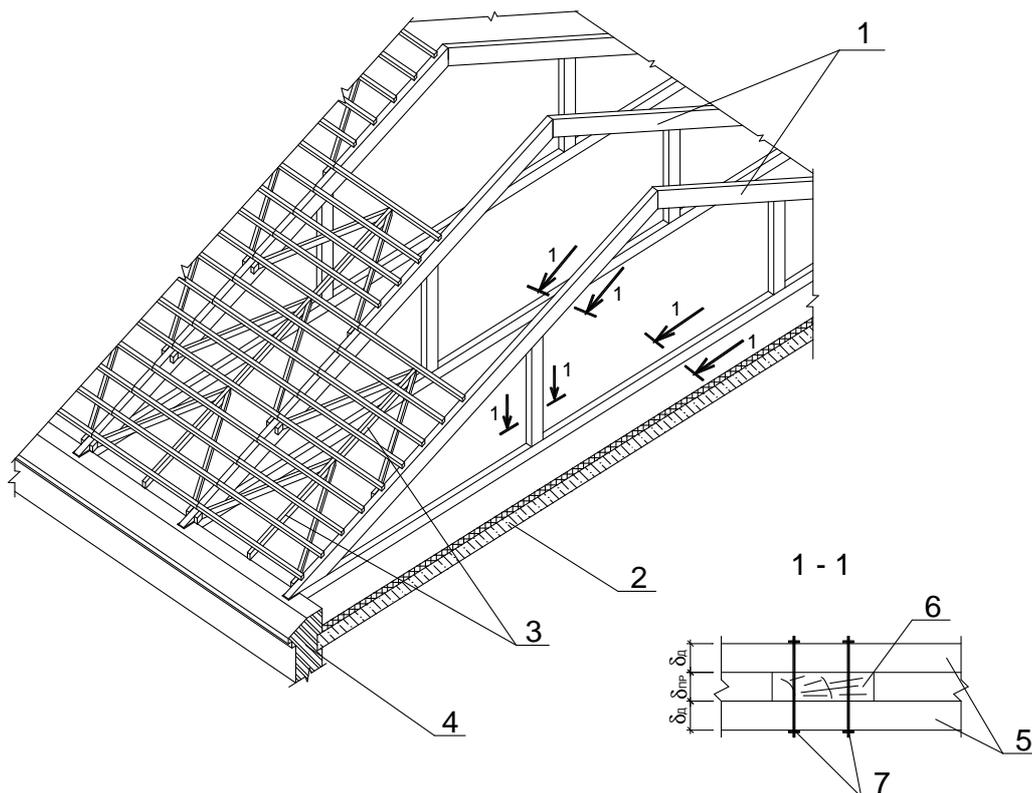


Рис. 5. Скатная кровля из конструкций заводского изготовления

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.