

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)
Кафедра конструкций из дерева, древесных композитов и пластмасс

Инженерно-строительный институт

Кафедра конструкций из дерева, древесных композитов и пластмасс

ПЛИТЫ ПОКРЫТИЙ С ФАНЕРНЫМИ ОБШИВКАМИ (Проектирование и расчёт)

Методические указания для выполнения курсового и дипломного проектов по дисциплине
“Конструкции из дерева и пластмасс” для студентов 4-го курса направления 270100 –
“Строительство” с профилем 270102 – “Промышленное и гражданское строительство” и для
студентов 5-го курса по специальности 270102 – “Промышленное и гражданское строительство”

Плиты покрытий с фанерными обшивками (проектирование и расчёт). Методические указания для выполнения курсового и дипломного проектов по дисциплине “конструкции из дерева и пластмасс” для студентов 4-го курса направления 270100 – “строительство” с профилем 270102 – “промышленное и гражданское строительство” и для студентов 5-го курса по специальности 270102 – “промышленное и гражданское строительство”, Н.Новгород, издание ННГАСУ, 2011, 22 с.

Приведены основные сведения о расчете и конструировании плит покрытий с фанерными обшивками. Рассмотрен пример расчёта клееной утеплённой плиты покрытия с фанерными обшивками и ребристой плиты покрытия с фанерной обшивкой под холодную рулонную кровлю.

Рисунков – 5, библиографических названий – 7

Составитель: ст. пр., к.т.н. Ермолаев В.В.

Рецензент: доц., к.т.н. Кондрашкин О.Б.

Введение

Плиты покрытий с фанерными обшивками являются комплексными индустриальными конструкциями заводского изготовления и одновременно выполняют функции прогонов, настила и подшивки, а также включают в себя теплоизоляцию. Они имеют длину от 3 до 6 метров и ширину – 1...1,5 метра, это соответствует модульной системе в строительстве и размерам фанерных листов. Толщина плит определяется теплотехническим расчетом по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и расчетом на прочность и жесткость и составляет, примерно 1/30 от пролета [5]. Плиты укладываются непосредственно на основные несущие конструкции (балки, фермы, арки, рамы и др.) и надежно крепятся к последним и между собой гвоздями, шурупами и глухарями. Обладая большой жесткостью в плоскости покрытия, плиты выполняют роль горизонтальных связей и обеспечивают устойчивость основных несущих конструкций.

В зависимости от температурного режима здания и конструкции кровли применяются плиты следующих типов (см.рис.1):

- коробчатого сечения, утепленная, с двойной фанерной обшивкой под рулонную кровлю (рис.1а);
- ребристая, утепленная с нижней фанерной обшивкой под кровлю из асбестоцементных листов (рис.1б);
- ребристая не утепленная (холодная) с верхней фанерной обшивкой, под рулонную кровлю (рис.1в).

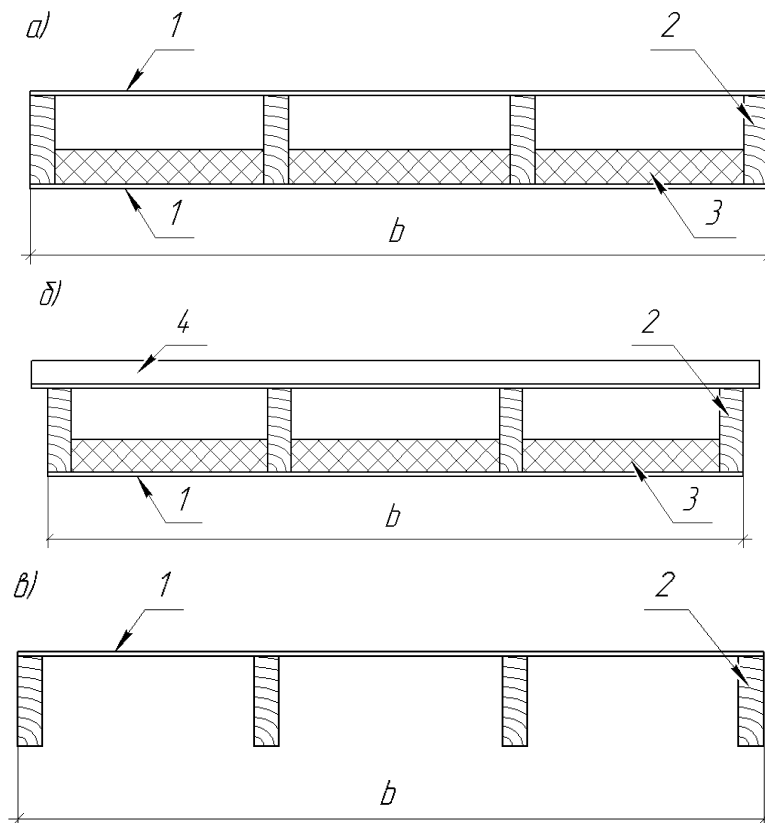


Рис. 1. Типы плит покрытий с фанерными обшивками.

а – утепленная плита коробчатого сечения под рулонную кровлю; б – ребристая утепленная плита с нижней фанерной обшивкой под кровлю из профнастила или волнистых асбестоцементных листов; в – ребристая не утепленная (холодная) плита с верхней фанерной обшивкой под холодную рулонную кровлю.

1 – фанерные обшивки; 2 – продольные ребра; 3 – утеплитель; 4 – кровля из профнастила или волнистых асбестоцементных листов.

В качестве утеплителя в плитах применяются эффективные теплоизоляционные материалы – минераловатные маты и плиты, пенопласты и др. В плитах покрытий всех типов должна быть обеспечена естественная вентиляция внутренних полостей наружным воздухом. Вентиляция может осуществляться поперек или вдоль ската, для чего поперечные ребра каркаса делаются ниже продольных.

Пароизоляция из битумной мастики или слоя клея может наноситься на внутреннюю сторону нижней обшивки, и в этом случае она используется для приклеивания слоя утеплителя, или на наружную, в этом случае в качестве пароизоляции используются водостойкие краски, эмали или лаки, которые одновременно являются и отделочным декоративным покрытием. Чертёж плиты приведён на вкладке 5.

Плиты покрытий рассчитываются как простые однопролётные балки двутаврового или таврового сечения. Расчетный пролёт плиты определяется по формуле:

$$l_p = l_n - c,$$

где $l_n = B$ – номинальная длина плиты;

B – шаг несущих конструкций (балок, ферм) вдоль здания;

$c \geq 5,5$ см – ширина опорной части плиты (см. п. 8.7 [2]).

Расчётная ширина полок двутаврового или таврового сечения плиты определяется в зависимости от шага продольных рёбер и длины плиты:

если $l_n \geq 6a$, то $b_{расч.} = 0,9 \cdot b_{ф.в.}$;

если $l_n < 6a$, то $b_{расч.} = 0,15 \cdot \frac{l_n}{a} \cdot b_{ф.в.}$,

где a – расстояние между продольными рёбрами (по осям);

$b_{ф.в.}$ – конструктивная ширина верхней фанерной обшивки (или нижней если поперечное сечение плиты по типу, показанному на рис. 1б).

Расчётная ширина продольных рёбер плиты $b_{р.р.}$ равна:

$$b_{р.р.} = n_p \cdot b_p,$$

где n_p – количество продольных рёбер;

b_p – ширина продольного ребра.

Поскольку несущие элементы плиты выполняются из двух материалов (древесины и фанеры), обладающих различными механическими свойствами, то плита рассчитывается по приведённым геометрическим характеристикам, приведённым к наиболее нагруженным элементам (фанерным обшивкам). Приведённые геометрические характеристики вычисляются по следующим формулам:

$$F_{np} = F_{\phi} + F_{\delta} \cdot n_{прив.};$$

$$S_{np} = S_{\phi} + S_{\delta} \cdot n_{прив.};$$

$$I_{np} = I_{\phi} + I_{\delta} \cdot n_{прив.},$$

где F_{ϕ} ; S_{ϕ} ; I_{ϕ} – площадь, статический момент и момент инерции поперечного сечения фанерных элементов плиты по расчётным размерам;

F_{δ} ; S_{δ} ; I_{δ} – площадь, статический момент и момент инерции поперечного сечения деревянных элементов (продольных рёбер);

$$n_{прив.} = \frac{E_{\delta}}{E_{\phi}} = \frac{1 \cdot 10^{10}}{0,9 \cdot 10^{10}} = 1,11 - \text{коэффициент приведения};$$

E_{δ} и E_{ϕ} – модули упругости древесины и фанеры.

В практических расчётах приведённые геометрические характеристики удобно определить по приведённой ширине продольных рёбер, равной

$$b_{p.пр} = n_p \cdot b_p \cdot n_{прив.}$$

В этом случае все геометрические характеристики поперечного сечения плиты определяются по расчётным размерам обшивок (полок) и приведённой ширине продольных рёбер; толщина обшивок и высота рёбер принимается равными номинальным размерам.

Плита рассчитывается на нормальные составляющие постоянной и временной нагрузок к плоскости плиты.

Нижняя обшивка плит рассчитывается на растяжение по формуле:

$$\frac{M_p}{W_{x.пр}^n} \leq R_{\phi.p.} \cdot m_{\phi}$$

где
$$M_p = \frac{q \cdot l_p^2}{8};$$

q – нормальная составляющая полной нагрузки на плиту в Н/м;

$W_{x.пр}^n = \frac{I_{np}}{y_0}$ – приведённый момент сопротивления поперечного сечения плиты

для нижней обшивки;

y_0 – расстояние от центра тяжести поперечного сечения плиты до нижней плоскости плиты;

$R_{\phi.p.}$ – расчётное сопротивление фанеры на растяжение;

$m_{\phi} = 0,6$ – коэффициент условий работы фанерной обшивки, учитывающий ослабления её стыками; кроме того расчётное сопротивление фанеры умножается на все коэффициенты условий работы, предусмотренные п. 5.2 [2];

l_p – расчётный пролёт плиты.

Верхняя сжатая фанерная обшивка проверяется на устойчивость по формуле:

$$\frac{M_p}{\varphi_{\phi} \cdot W_{x.пр}^6} \leq R_{\phi.c.}$$

где $W_{x.пр}^6 = \frac{I_{np}}{h_n - y_0}$ – приведённый момент сопротивления поперечного сечения

плиты для верхней обшивки;

h_n – толщина плиты;

$R_{\phi.c.}$ – расчётное сопротивление фанеры на сжатие, умноженное на все коэффициенты условий работы, предусмотренные п. 5.2. [2];

φ_{ϕ} – коэффициент устойчивости сжатой фанерной обшивки, определяется в

зависимости от отношения $\frac{a'}{\delta_{\phi.в.}}$;

a' – расстояния между продольными рёбрами плиты “в свету”;

$\delta_{\text{ф.в.}}$ – толщина верхней обшивки.

$$\text{при } \frac{a'}{\delta_{\text{ф.в.}}} \geq 50 \quad \varphi_{\text{ф}} = \frac{1250}{\left(\frac{a'}{\delta_{\text{ф.в.}}}\right)^2};$$

$$\text{при } \frac{a'}{\delta_{\text{ф.в.}}} < 50 \quad \varphi_{\text{ф}} = 1 - \frac{\left(\frac{a'}{\delta_{\text{ф.в.}}}\right)^2}{5000}$$

Верхняя фанерная обшивка плиты дополнительно проверяется на местный изгиб (между продольными рёбрами) от действия сосредоточенной нагрузки $P_n = 1000$ Н с коэффициентом перегрузки $n = 1,2$. Ширина расчётной полосы принимается $b'_{\text{ф.в.}} = 1,0$ м.

Проверка выполняется по формуле:

$$\frac{M_1}{W'_{\text{ф.в.}}} \leq R_{\text{ф.и.}}$$

где $M_1 = \frac{P \cdot a}{8}$

$$P = P_n \cdot n$$

$$W'_{\text{ф.в.}} = \frac{b'_{\text{ф.в.}} \cdot \delta_{\text{ф.в.}}^2}{6} \text{ – момент сопротивления верхней обшивки шириной 1 м}$$

для расчёта на местную нагрузку.

Продольные рёбра, по нейтральному слою, и клеевой шов между рёбрами и фанерной обшивкой проверяются на скалывание при изгибе по формуле:

$$\frac{Q \cdot S_{\text{х.нр.}}}{I_{\text{нр.}} \cdot b_{\text{р.р.}}} \leq R_{\text{ск}},$$

где $Q = \frac{q \cdot l_p}{2}$ – расчётная поперечная сила;

$S_{\text{х.нр.}} = S_{\text{ф.в.}} + b_{\text{р.нр.}} \cdot \frac{(h_n - y_0 - \delta_{\text{ф.в.}})^2}{2}$ – статический момент сдвигаемой части поперечного сечения плиты относительно нейтральной оси;

$R_{\text{ск}}$ – расчётное сопротивление древесины или фанеры на скалывание при изгибе с учётом всех коэффициентов условий работы, предусмотренных п. 5.2. [2].

Плита должна быть проверена на прогиб с учётом деформаций сдвига в соответствии с п.п. 6.35. и 6.36. [2]. Величина прогиба определяется по формуле:

$$f = \frac{f_0}{k} \cdot \left[1 + c \cdot \left(\frac{h_n}{l_p}\right)^2 \right],$$

где $f_0 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^n \cdot l_p^4}{0,7 \cdot E_{\text{ф}} \cdot I_{\text{нр}}}$

q^H – нормальная составляющая полной нормативной нагрузки на плиту;
 k – коэффициент, учитывающий переменность высоты сечения изгибаемого элемента, при постоянной высоте $k = 1,0$;
 $c = (45,3 - 6,9 \div \beta) \cdot \gamma$ – коэффициент, учитывающий влияние касательных напряжений на величину изгиба;
 β – коэффициент, учитывающий переменность высоты сечения, при постоянной высоте $\beta = 1,0$;

$$\gamma = \frac{b_{расч.} \cdot (\delta_{ф.в.} + \delta_{ф.н.})}{b_{п.пр.} \cdot h_p}$$

Относительный прогиб плиты – $\frac{f}{l_p}$ должен быть меньше $\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{250}$.

ПРИМЕР РАСЧЁТА КЛЕЕНОЙ УТЕПЛЁННОЙ ПЛИТЫ ПОКРЫТИЯ С ФАНЕРНЫМИ ОБШИВКАМИ (Пример №1)

1. Задание на проектирование плиты

Рассчитать и сконструировать клееную плиту с фанерными обшивками для промышленного здания 2-го уровня ответственности в г. Нижнем Новгороде. Участок строительства не защищён от прямого воздействия ветра. Температура и относительная влажность воздуха в помещениях – $t = 18^\circ\text{C}$ и $\omega = 70\%$, класс условий эксплуатации – 1, $m_g = 1,0$.

2. Исходные данные для проектирования

- 2.1. Номинальные размеры плиты в плане – $l_n \times b_n = 6000 \times 1500$ мм.
- 2.2. Обшивки из фанеры марки ФСФ сорт В/ВВ по ГОСТ 3916.1.
- 2.3. Продольные рёбра из сосновых досок 2-го сорта; поперечные – 3-го сорта по ГОСТ 8486-86.
- 2.4. Клей на основе резорцина и меламина с предварительным перемешиванием компонентов.
- 2.5. Утеплитель – плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем марки 75 толщиной 160 мм с $\rho = 75$ кг/м³ по ГОСТ 9573-96 (толщина определяется теплотехническим расчётом).
- 2.6. Пароизоляция – обмазочная битумная.
- 2.7. Для предотвращения атмосферного увлажнения панелей при транспортировке и хранении на верхнюю обшивку панели должен быть наклеен 1 слой пергамина.
- 2.8. Кровля рулонная типа К-1 по СП 17.13330.2011 из битумно-полимерного кровельного материала. Конструктивное решение:
 - 1-ый слой – «Техноэласт ХПП» толщиной 3,0 мм. Выполняется свободной укладкой рулонного материала, с механическим креплением его, так как огневой способ наклейки при сгораемом основании под водоизоляционный ковёр недопустим.
 - 2-ой слой – «Техноэласт ХПП» толщиной 3,0 мм. Наклеивается методом подплавления битумно-полимерного слоя.
 - 3-ий слой – защитный, «Техноэласт ТКП сланец» толщиной 4,2 мм. Наклеивается методом подплавления битумно-полимерного слоя.

2.9. Расчётные сопротивления материалов плиты (см. табл. 3; 6 [2]).

2.9.1. Доски продольных рёбер (2-ой сорт): скалыванию вдоль волокон при изгибе неклееных элементов – $R_{ск} = 1,6$ МПа, изгибу – $R_u = 13$ МПа.

2.9.2. Фанера $\delta = 8$ мм марки ФСФ сорт В/ВВ: сжатию вдоль волокон $R_{ф.с.} = 12$ МПа, скалыванию вдоль волокон $R_{ф.ск.} = 0,8$ МПа, изгибу поперёк волокон $R_{ф.и.} = 6,5$ МПа.

2.9.3. Фанера $\delta = 6$ мм: растяжению вдоль волокон $R_{ф.р.} = 14$ МПа.

2.10. Расчётный модуль упругости древесины $E_d = 1 \times 10^4$ МПа (вдоль волокон).

2.11. Расчётный модуль упругости фанеры $E_f = 0,9 \times 10^4$ МПа.

2.12. Плиты покрытия укладываются по двускатным балкам с уклоном верхней кромки $i = 8\%$, $\alpha = 4,57^\circ$.

2.13. Высота здания до низа несущих конструкций – 4,2 м.

2.14. Пролёт здания – 18 м.

3. Конструкция плиты покрытия.

Конструкцию плиты покрытия принимаем аналогичной существующим типам (см. типовую серию ПКД-01-04 и др.). Каркас плиты состоит из четырёх продольных рёбер сечением 194×46 мм (из досок 200×50 мм до острожки) и пяти поперечных рёбер сечением 169×46 мм (из досок 175×50 мм до острожки). Верхняя обшивка из фанеры толщиной 8,0 мм; нижняя – 6,0 мм. У торцов плиты нижняя обшивка усилена (для крепления к балке) полосами фанеры шириной 150 мм и толщиной 20 мм. Ширина площадок опирания плиты на балки принята 60 мм (см. п. 8.7. [2]), поэтому расчётный пролёт плиты будет равен:

$$l_p = l_n - 60 = 6000 - 60 = 5940 \text{ мм} = 5,94 \text{ м.}$$

Поперечное (а) и расчётное (б) сечения плиты приведены на рис. 2.

Расчётная ширина плиты определяется в соответствии с п. 6.27. [2] в зависимости от шага продольных рёбер (a) и длины плиты – l_n ; в нашем случае $6a = 6 \times 0,4747 = 2,85 < l_n = 6,0$ м, следовательно $b_{расч.} = 0,9 \times b_{ф.в.} = 0,9 \times 1,470 = 1,323$ м. Расчётное сечение плиты удобно представить в виде двутавра с шириной полок равной $b_{расч.} = 1,323$ м и толщиной стенки (рёбер) $4b_p = 0,184$ м, как показано на рис. 2б.

Плиты рассчитываются по геометрическим характеристикам приведённым к фанере обшивок, которые определяются по формуле:

$$S_{прив.} = S_f + S_{dp} \cdot \frac{E_{dp}}{E_f},$$

где $S_{прив.}$ – приведённая к фанере обшивок геометрическая характеристика поперечного сечения плиты (F, S_x, I_x);

S_f – геометрическая характеристика фанерных обшивок по расчётным размерам;

S_{dp} – геометрическая характеристика элементов плиты из древесины (продольных рёбер);

$E_{dp} = 1 \times 10^{10}$ Па – модуль упругости древесины вдоль волокон;

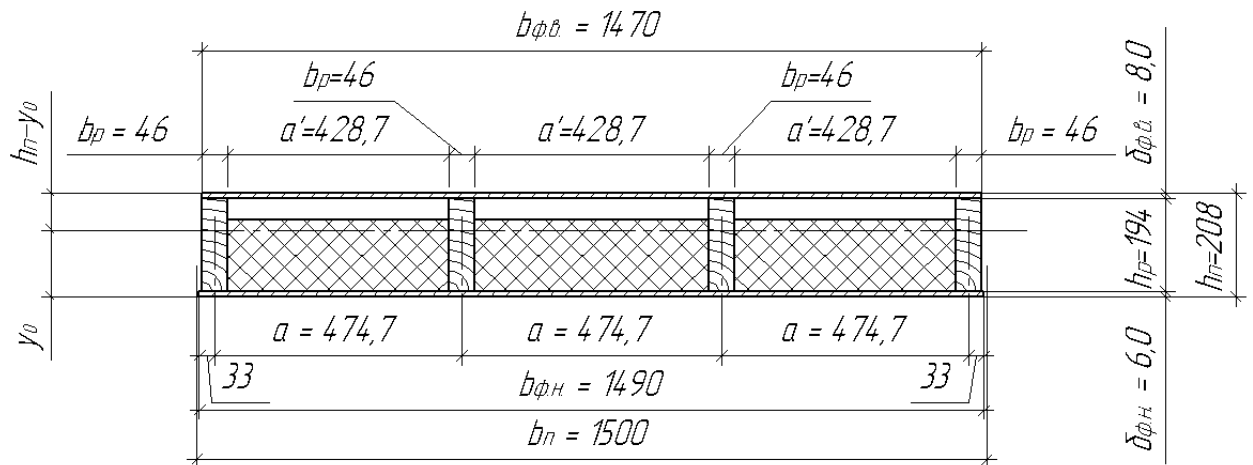
$E_f = 0,9 \times 10^{10}$ Па – модуль упругости фанеры вдоль волокон;

$$n_{np} = \frac{E_{dp}}{E_f} = \frac{1 \times 10^{10}}{0,9 \times 10^{10}} = 1,11 \text{ – коэффициент приведения.}$$

Для плиты все приведённые геометрические характеристики удобно определять приняв приведённую ширину ребра равную

$$b_{p,np.} = n_{np} \cdot 4 \cdot b_p = 1,11 \cdot 4 \cdot 46 = 204,2 \text{ мм.}$$

а)



б)

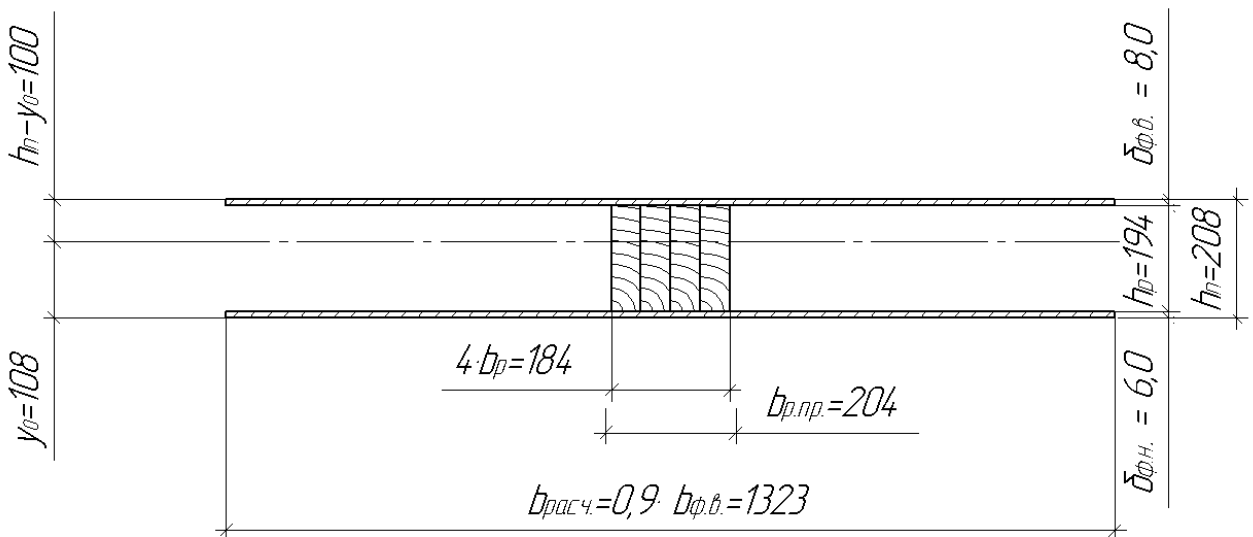


Рис. 2. а) – поперечное сечение плиты; б) – расчётное сечение плиты.

4. Определение приведённых геометрических характеристик поперечного сечения плиты.

4.1. Приведённая площадь сечения

$$F_{np} = b_{расч.} \cdot (\delta_{ф.в.} + \delta_{ф.н.}) + b_{p,np.} \cdot h_p = 1,323 \cdot (0,008 + 0,006) + 0,204 \cdot 0,194 = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

4.2. Приведённый статический момент сечения относительно нижней плоскости плиты:

$$S_{np} = b_{расч.} \cdot \left[\frac{\delta_{ф.н.}^2}{2} + \delta_{ф.в.} \cdot \left(\delta_{ф.н.} + h_p + \frac{\delta_{ф.в.}}{2} \right) \right] + b_{p,np.} \cdot \left(\delta_{ф.н.} + \frac{h_p}{2} \right) \cdot h_p =$$

$$= 1,323 \cdot \left[\frac{0,006^2}{2} + 0,008 \cdot \left(0,006 + 0,194 + \frac{0,008}{2} \right) \right] + 0,204 \cdot \left(0,006 + \frac{0,194}{2} \right) \cdot 0,194 =$$

$$= 6,26 \times 10^{-3} \text{ м}^3.$$

4.3. Координата центра тяжести сечения плиты относительно нижней плоскости:

$$y_0 = \frac{S_{np}}{F_{np}} = \frac{6,26 \cdot 10^{-3}}{5,8 \cdot 10^{-2}} = 0,108 \text{ м};$$

$$h_n - y_0 = 0,208 - 0,108 = 0,1 \text{ м}.$$

4.4. Площади и координаты центров тяжести элементов поперечного сечения плиты относительно нейтральной оси.

4.4.1. Верхней обшивки:

$$F_{ф.в.} = b_{расч.} \cdot \delta_{ф.в.} = 1,323 \cdot 0,008 = 105,84 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$y_{ф.в.} = h_n - y_0 - \frac{\delta_{ф.в.}}{2} = 0,208 - 0,108 - \frac{0,008}{2} = 0,096 \text{ м}.$$

4.4.2. Нижней обшивки:

$$F_{ф.н.} = b_{расч.} \cdot \delta_{ф.н.} = 1,323 \cdot 0,006 = 79,38 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$y_{ф.н.} = y_0 - \frac{\delta_{ф.н.}}{2} = 0,108 - \frac{0,006}{2} = 0,105 \text{ м}.$$

4.4.3. Продольных рёбер:

$$F_{р.пр.} = b_{р.пр.} \cdot h_p = 0,204 \cdot 0,194 = 395,76 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$y_p = y_0 - \frac{h_p}{2} - \delta_{ф.н.} = 0,108 - \frac{0,194}{2} - 0,006 = 0,005 \text{ м}.$$

4.5. Приведённые собственные моменты инерции элементов поперечного сечения плиты.

4.5.1. Верхней обшивки:

$$I_{ф.в.} = \frac{b_{расч.} \cdot \delta_{ф.в.}^3}{12} = \frac{1,323 \cdot 0,008^3}{12} = 5,644 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

4.5.2. Нижней обшивки:

$$I_{ф.н.} = \frac{b_{расч.} \cdot \delta_{ф.н.}^3}{12} = \frac{1,323 \cdot 0,006^3}{12} = 2,381 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

4.5.3. Продольных рёбер:

$$I_{р.пр.} = \frac{b_{р.пр.} \cdot h_p^3}{12} = \frac{0,204 \cdot 0,194^3}{12} = 1,241 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4;$$

4.6. Приведённый момент инерции сечения плиты:

$$I_{np.} = I_{ф.в.} + I_{ф.н.} + I_{р.пр.} + F_{ф.в.} \cdot y_{ф.в.}^2 + F_{ф.н.} \cdot y_{ф.н.}^2 + F_{р.пр.} \cdot y_p^2 =$$

$$= 5,644 \cdot 10^{-8} + 2,381 \cdot 10^{-8} + 1,241 \cdot 10^{-4} + 105,84 \cdot 10^{-4} \cdot 0,096^2 +$$

$$+ 79,38 \cdot 10^{-4} \cdot 0,105^2 + 395,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,005^2 = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4.$$

4.7. Приведённый момент сопротивления сечения для нижней обшивки плиты:

$$W_{x,np.}^н = \frac{I_{np.}}{y_0} = \frac{3,1 \cdot 10^{-4}}{0,108} = 2,87 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

4.8. Приведённый момент сопротивления сечения для верхней обшивки плиты:

$$W_{x,np.}^в = \frac{I_{np.}}{h_n - y_0} = \frac{3,1 \cdot 10^{-4}}{0,208 - 0,108} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

4.9. Статический момент верхней обшивки относительно нейтральной оси:

$$S_{\phi.в.} = F_{\phi.в.} \cdot y_{\phi.в.} = 105,84 \cdot 10^{-4} \cdot 0,096 = 1,016 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

4.10. Приведённый статический момент верхней сдвигаемой части сечения плиты относительно нейтральной оси:

$$S_{x.нр.} = S_{\phi.в.} + b_{п.нр.} \cdot \frac{(h_n - y_0 - \delta_{\phi.в.})^2}{2} =$$

$$= 1,016 \cdot 10^{-3} + 0,204 \cdot \frac{(0,208 - 0,108 - 0,008)^2}{2} = 1,88 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

5. Подсчёт нагрузок на плиту.

Подсчёт нагрузок на плиту производится в соответствии с указаниями [1].

5.1. Нормативный вес конструкций или отдельных конструктивных элементов плиты приходящейся на единицу покрытия определяется по формулам:

$$g_{с.в.} = \frac{1}{b_n \cdot l_n} \cdot V \cdot \rho \cdot g$$

или

$$g_{с.в.} = \rho_s \cdot g$$

или

$$g_{с.в.} = \delta_{\phi} \cdot \rho \cdot g$$

где: b_n – ширина плиты;

l_n – длина плиты;

V – объём конструктивного элемента или сумма объёмов однотипных элементов;

ρ – плотность материала элемента;

$g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ – ускорение свободного падения (допускается округлять значение “ g ” до 10);

ρ_s – поверхностная плотность материала;

δ_{ϕ} – толщина фанерных обшивок.

5.2. Нормативное значение снеговой нагрузки S_0 на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле

$$S_0 = 0,7 \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g,$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с п. 10.5 [1];

c_t – термический коэффициент, принимаемый в соответствии с п. 10.10 [1];

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с п. 10.4 [1].

S_g – вес снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, принимаемый в соответствии с п. 10.2 [1];

$$c_e = (1,2 - 0,1 \cdot v \cdot \sqrt{k}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot b);$$

где v – средняя скорость ветра за три наиболее холодных месяца,

k – принимается по табл. 11.2 [1],

b – ширина покрытия, принимаемая не более 100 м.

Вес снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли для г. Нижнего Новгорода составляет 2400 Па, а средняя скорость ветра за три наиболее холодных месяца – 5 м/сек.

$$S_0 = 0,7 \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g = 0,7 \cdot (1,2 - 0,1 \cdot 5 \cdot \sqrt{0,5}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot 18) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2400 = 1189 \text{ Па},$$

5.3. Расчётное значение снеговой нагрузки следует определять умножением нормативного значения на коэффициент надёжности по нагрузке, определяемый по п. 10.12. [1].

$$S = S_0 \cdot \gamma_f = 1189 \cdot 1,4 = 1665 \text{ Па.}$$

5.4. Расчётная нагрузка от веса конструкций определяется путём умножения нормативной нагрузки на коэффициент надёжности по нагрузке, определяемый по п.п. 2.2. [1].

5.5. Линейная нагрузка на плиту в Па определяется путём умножения нагрузки на покрытие в Па на ширину плиты $b_n = 1,5 \text{ м}$.

5.6. Подсчёт нагрузок на плиту приведён в таблице 1.

Таблица 1

Подсчёт нагрузок на плиту

Конструктивные элементы и нагрузки	Нормативная нагрузка, Па	Коэффициент надёжности по нагрузке	Расчётная нагрузка, Па
Постоянные нагрузки			
1. Трёхслойная рулонная кровля типа К-1 по СП 17.13330.2011 (см. п. 2.8. данного примера)	117	1,3	152,1
2. Плита покрытия			
2.1. Фанерные обшивки плиты $(\delta_{ф.в.} + \delta_{ф.н.}) \cdot \rho_{ф} \cdot g =$ $(0,008 + 0,006) \cdot 700 \cdot 9,81$	96,1	1,1	105,7
2.2. Продольные рёбра $\frac{1}{b_n \cdot l_n} \cdot b_p \cdot h_p \cdot l_p \cdot n_p \cdot \rho_{\delta} \cdot g =$ $\frac{1}{1,5 \cdot 6} \cdot 0,046 \cdot 0,194 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 500 \cdot 9,81$	116,7	1,1	128,4
2.3. Поперечные рёбра $\frac{1}{b_n \cdot l_n} \cdot b'_p \cdot h'_p \cdot l'_p \cdot n_{n.p.} \cdot \rho_{\delta} \cdot g =$ $\frac{1}{1,5 \cdot 6} \cdot 0,046 \cdot 0,169 \cdot 0,429 \cdot 15 \cdot 500 \cdot 9,81$	27,3	1,1	30,0
2.4. Утеплитель (см. п. 2.5. данного примера) $\frac{1}{b_n \cdot l_n} \cdot 3 \cdot a \cdot (l_n - 5 \cdot b'_p) \cdot \delta_y \cdot \rho_y \cdot g =$ $\frac{1}{1,5 \cdot 6} \cdot 3 \cdot 0,429 \cdot (6 - 5 \cdot 0,046) \cdot 0,16 \cdot 75 \cdot 9,81$	97,1	1,2	116,5
2.5. Пароизоляция $\delta_{из} \cdot \rho_{из} \cdot g = 0,0015 \cdot 1300 \cdot 9,81$	19,1	1,2	22,9
2.6. Слой пергамина на битумной мастике	30	1,2	36

Конструктивные элементы и нагрузки	Нормативная нагрузка, Па	Коэффициент надёжности по нагрузке	Расчётная нагрузка, Па
Нагрузка от плиты	386,3		439,5
Всего постоянная нагрузка единицу площади покрытия – g_n	503,3		591,6
Постоянная нагрузка, приведённая к горизонтальной плоскости $g_0 = g_n \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$; $\alpha = 4,57^\circ$	504,9		593,5
Нормальная составляющая постоянной нагрузки $g_{90} = g_0 \cdot \cos^2 \alpha$	501,7		589,7
Временные нагрузки			
1. Снеговая нагрузка на горизонтальную поверхность – S	1189	1,4	1665
Нормальная составляющая снеговой нагрузки $S_{90} = S \cdot \cos^2 \alpha$	1181		1654
Нормальная составляющая полной нагрузки $q_{90} = g_{90} + S_{90}$	1682,7		2243,7
Нормальная составляющая полной линейной нагрузки на плиту в Н/м $q = q_{90} \cdot b_n = q_{90} \cdot 1,5$	2524 (2525)		3365,6 (3365)

6. Расчёт плиты на прочность.

6.1. Расчётные значения внутренних усилий в плите определяем как в простой балке двутаврового сечения (см. рис. 2) с пролётом равным $l_{расч.} = 5,94$ м, нагруженной линейной равномерно-распределённой нагрузкой $q = 3365$ Н/м.

$$M = \frac{q \cdot l_{расч.}^2}{8} = \frac{3365 \cdot 5,94^2}{8} = 14841 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$Q = \frac{q \cdot l_{расч.}}{2} = \frac{3365 \cdot 5,94}{2} = 9994 \text{ Н}.$$

6.2. Нижняя фанерная обшивка проверяется на растяжение в соответствии с п. 6.26 [2]:

$$\frac{M}{W_{х.нр.}^H} = \frac{14841}{2,87 \cdot 10^{-3}} = 5,17 \cdot 10^6 \text{ Па} = 5,17 \text{ МПа} < m_\phi \cdot R_{\phi.p.} = 0,6 \cdot 14 = 8,4 \text{ МПа}$$

6.3.1. Верхняя сжатая фанерная обшивка проверяется на устойчивость в соответствии с п. 6.28 [2]:

$$\frac{M}{\phi_\phi \cdot W_{х.нр.}^e} = \frac{14841}{0,435 \cdot 3,1 \cdot 10^{-3}} = 11,0 \cdot 10^6 \text{ Па} = 11,0 \text{ МПа} < R_{\phi.c.} = 12 \text{ МПа}$$

Коэффициент ϕ_ϕ находим в зависимости от отношения

$$\frac{a'}{\delta_{\text{ф.в.}}} = \frac{0,429}{0,008} = 53,6$$

$$\text{при } \frac{a'}{\delta_{\text{ф.в.}}} \geq 50 \quad \varphi_{\text{ф}} = \frac{1250}{\left(\frac{a'}{\delta_{\text{ф.в.}}}\right)^2} = \frac{1250}{53,6^2} = 0,435$$

6.3.2. Дополнительно верхняя фанерная обшивка плиты проверяется на местный изгиб от сосредоточенного груза $P = 1000 \text{ Н}$ с коэффициентом перегрузки $n = 1,2$ при ширине расчётной полосы $b'_{\text{ф.в.}} = 1,0 \text{ м}$ по схеме, приведённой на рис. 3.

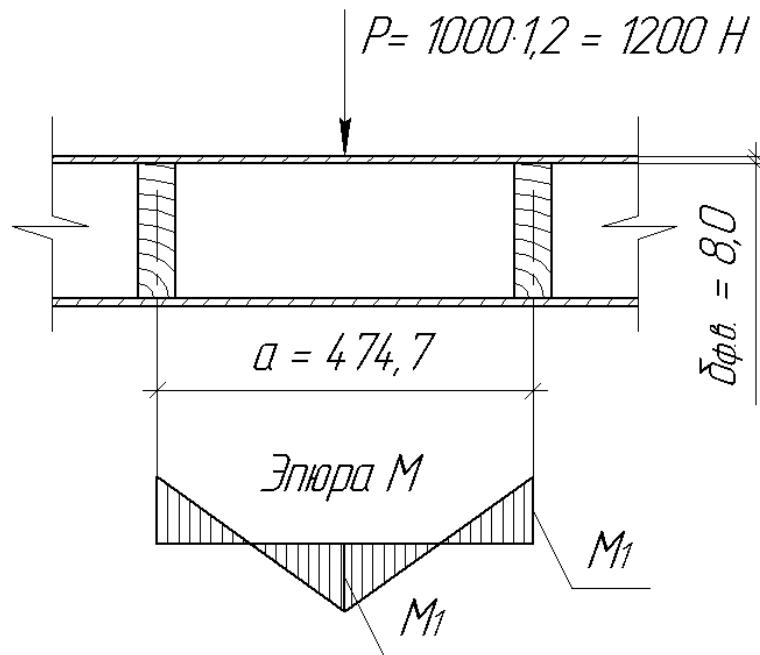


Рис. 3. Расчётная схема верхней обшивки на местный изгиб

$$M_1 = \frac{P \cdot a}{8} = \frac{1200 \cdot 0,475}{8} = 71,3 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$W'_{\text{ф.в.}} = \frac{b'_{\text{ф.в.}} \cdot \delta_{\text{ф.в.}}^2}{6} = \frac{1 \cdot 0,008^2}{6} = 10,7 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

$$\frac{M_1}{W'_{\text{ф.в.}}} = \frac{71,3}{10,7 \cdot 10^{-6}} = 6,66 \cdot 10^6 \text{ Па} = 6,66 \text{ МПа} < R_{\text{ф.у.}} \cdot m_n = 6,5 \cdot 1,2 = 7,8$$

6.4. В соответствии с п. 6.29. [2] ребра, по нейтральному слою и клеевой шов между рёбрами и фанерной обшивкой проверяется на скалывание при изгибе.

6.4.1. Рёбра по нейтральному слою:

$$\frac{Q \cdot S_{\text{х.пр.}}}{I_{\text{пр.}} \cdot b_{\text{расч.}}} = \frac{9994 \cdot 1,88 \cdot 10^{-3}}{3,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,184} = 0,33 \cdot 10^6 \text{ Па} = 0,33 \text{ МПа} < R_{\text{ск}} = 1,6 \text{ МПа},$$

$$b_{\text{расч.}} = n_p \cdot b_p = 4 \cdot 0,046 = 0,184 \text{ м}.$$

6.4.2. Клеевой шов между рёбрами и обшивкой:

$$\frac{Q \cdot S_{ф.в.}}{I_{пр.} \cdot b_{расч.}} = \frac{9994 \cdot 1,016 \cdot 10^{-3}}{3,1 \cdot 10^{-4} \cdot 0,184} = 0,18 \cdot 10^6 \text{ Па} = 0,18 \text{ МПа} < R_{ф.ск} = 0,8 \text{ МПа.}$$

Как видно из выполненного расчёта принятые размеры и конструкция элементов плиты покрытия удовлетворяет требованиям прочности.

7. Расчёт плиты на жесткость (прогиб)

В соответствии с п.п. 6.35. и 6.36. [2] прогиб плиты определяется с учётом деформаций сдвига по формуле:

$$f = \frac{f_0}{k} \cdot \left[1 + c \cdot \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right] = \frac{0,021}{1} \cdot \left[1 + 8,1 \cdot \left(\frac{0,208}{5,94} \right)^2 \right] = 0,0212 \text{ м} = 21,2 \text{ мм,}$$

где:

$$f_0 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^n \cdot l_p^4}{0,7 \cdot E_{ф.} \cdot I_{пр.}} = \frac{5 \cdot 2525 \cdot 5,94^4}{384 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 10^{10} \cdot 3,1 \cdot 10^{-4}} = 0,021 \text{ м} = 21,0 \text{ мм}$$

$k = 1$ – т.к. высота плиты постоянна;

$$c = (45,3 - 6,9 \cdot \beta) \cdot \gamma = (45,3 - 6,9 \cdot 1) \cdot 0,211 = 8,1;$$

$\beta = 1$ – т.к. высота панели постоянна;

$$\gamma = \frac{F_{ф.в.} + F_{ф.н.}}{b_{р.пр.} \cdot h_p} = \frac{105,84 \cdot 10^{-4} + 79,38 \cdot 10^{-4}}{0,204 \cdot 0,194} = 0,211.$$

Коэффициенты k , c , β , γ , определяются по таблице Е.3 приложения Е [2] как для балки двутаврового сечения, постоянной высоты, с шарнирными опорами и линейной равномерно-распределённой нагрузкой.

Относительный прогиб плиты равен:

$$\frac{f}{l_p} = \frac{0,0212}{5,94} = \frac{1}{280} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{250} \text{ в соответствии с п. 6.34 [2],}$$

плита покрытия удовлетворят требованиям жёсткости.

Расчёт крепления плиты к балкам перекрытия см. пример расчёта балки.

Конструкция плиты приведена на прилагаемом чертеже.

ПРИМЕР РАСЧЁТА РЕБРИСТОЙ ПЛИТЫ ПОКРЫТИЯ С ФАНЕРНОЙ ОБШИВКОЙ ПОД ХОЛОДНУЮ РУЛОННУЮ КРОВЛЮ (Пример №2)

Рассчитать и сконструировать ребристую плиту с фанерными обшивками под холодную рулонную кровлю неотапливаемой части здания для условий, приведённых в примере №1. Класс условий эксплуатации – 2, $m_g = 0,9$.

Исходные данные для проектирования принимаются по примеру №1.

1. Конструкция плиты покрытия.

Каркас плиты состоит из пяти продольных рёбер сечением 194×56 мм (из досок 200×60 мм до острожки) и двух поперечных рёбер на торцах плиты. Фанерная обшивка толщиной 8,0 мм. Сверху на обшивку наклеивается один слой пергамина, с нижней стороны обшивка и рёбра окрашиваются эмалью ПФ-115. Поперечное сечение плиты (а) и расчётное, приведённое сечение (б) показаны на рис. 4.

Расчётный пролёт плиты определяется из условия:

$$l_p = l - b_{on} - \delta = 6,0 - 0,055 - 0,015 = 5,93 \text{ м.}$$

где

$l = 6,0$ м – номинальная длина плиты;

$b_{on} = 0,055$ м – ширина опорной части плиты;

$\delta = 0,015$ м – зазор между торцами плит.

Расчётная ширина фанерной обшивки плиты при

$$6a = 6 \times 0,356 = 2,136 < l_n = 6,0 \text{ м равна}$$

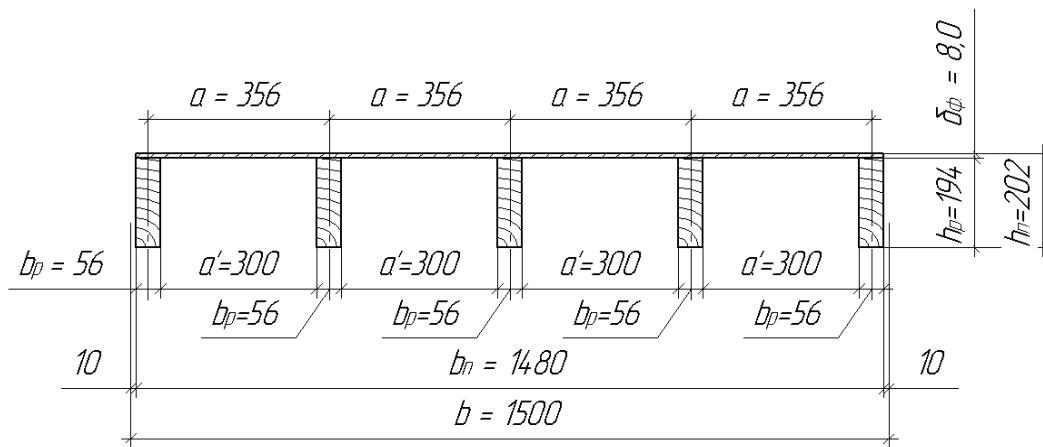
$$b_{расч.} = 0,9 \times b_n = 0,9 \times 1,480 = 1,332 \text{ м}$$

Приведённая ширина продольных рёбер равна:

$$b_{p.прив.} = \sum b_p \cdot n_{np} = 5 \cdot 0,056 \cdot 1,11 = 0,311 \text{ м}$$

$$n_{np} = \frac{E_{\delta p}}{E_{\phi}} = \frac{1 \times 10^{10}}{0,9 \times 10^{10}} = 1,11$$

а)



б)

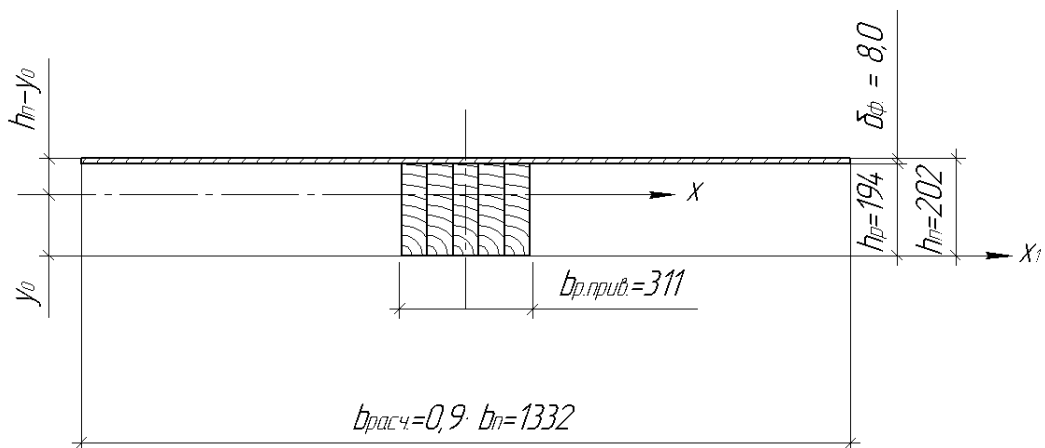


Рис. 4. а) – поперечное сечение панели; б) – расчётное сечение панели.

2. Определение приведённых геометрических характеристик поперечного сечения плиты.

2.1. Приведённая площадь сечения:

$$F_{np} = b_{расч.} \cdot \delta_{\phi} + b_{p.прив.} \cdot h_p = 1,332 \cdot 0,008 + 0,311 \cdot 0,194 = 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

2.2. Приведённый статический момент сечения относительно оси x_1 :

$$S_{np} = b_{расч.} \cdot \delta_{\phi} \cdot \left(h_p + \frac{\delta_{\phi}}{2} \right) + b_{p.прив.} \cdot h_p^2 \cdot 0,5 = \\ = 1,332 \cdot 0,008 \cdot \left(0,194 + \frac{0,008}{2} \right) + 0,311 \cdot 0,194^2 \cdot 0,5 = 7,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

2.3. Координата центра тяжести сечения плиты относительно оси x_1 :

$$y_0 = \frac{S_{np}}{F_{np}} = \frac{7,96 \cdot 10^{-3}}{7,1 \cdot 10^{-2}} = 0,112 \text{ м}; \\ h_n - y_0 = 0,202 - 0,112 = 0,09 \text{ м}.$$

2.4. Площади и координаты центров тяжести элементов поперечного сечения плиты относительно нейтральной оси x .

2.4.1. Фанерной обшивки:

$$F_{\phi} = b_{расч.} \cdot \delta_{\phi} = 1,332 \cdot 0,008 = 106,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \\ y_{\phi} = h_n - y_0 - \frac{\delta_{\phi}}{2} = 0,202 - 0,112 - \frac{0,008}{2} = 0,086 \text{ м}.$$

2.4.2. Продольных рёбер:

$$F_{p.пр.} = b_{p.прив.} \cdot h_p = 0,311 \cdot 0,194 = 603,34 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \\ y_p = y_0 - \frac{h_p}{2} = 0,112 - \frac{0,194}{2} = 0,015 \text{ м}.$$

2.5. Приведённые собственные моменты инерции элементов поперечного сечения плиты:

2.5.1. Фанерной обшивки:

$$I_{\phi} = \frac{b_{расч.} \cdot \delta_{\phi}^3}{12} = \frac{1,332 \cdot 0,008^3}{12} = 5,683 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

2.5.2. Продольных рёбер:

$$I_{p.пр.} = \frac{b_{p.прив.} \cdot h_p^3}{12} = \frac{0,311 \cdot 0,194^3}{12} = 1,892 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4;$$

2.6. Приведённый момент инерции сечения плиты:

$$I_{np} = I_{\phi} + I_{p.пр.} + F_{\phi} \cdot y_{\phi}^2 + F_{p.пр.} \cdot y_p^2 = \\ = 5,683 \cdot 10^{-8} + 1,892 \cdot 10^{-4} + 106,56 \cdot 10^{-4} \cdot 0,086^2 + 603,34 \cdot 10^{-4} \cdot 0,015^2 = 2,82 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$$

2.7. Приведённый момент сопротивления сечения плиты фанерной обшивки:

$$W_{\phi.пр.} = \frac{I_{np}}{h_n - y_0} = \frac{2,82 \cdot 10^{-4}}{0,09} = 3,13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

2.8. Приведённый момент сопротивления сечения плиты рёбер:

$$W_{p.пр.} = \frac{I_{np}}{y_0} = \frac{2,82 \cdot 10^{-4}}{0,112} = 2,52 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

2.9. Приведённый статический момент фанерной обшивки относительно нейтральной оси x :

$$S_{\phi.пр.} = F_{\phi} \cdot y_{\phi} = 106,56 \cdot 10^{-4} \cdot 0,086 = 9,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

2.10. Приведённый статический момент нижней сдвигаемой части сечения плиты относительно нейтральной оси – x :

$$S_{x.прив.} = b_{p.прив.} \cdot \frac{y_0^2}{2} = 0,311 \cdot \frac{0,112^2}{2} = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

3. Подсчёт нагрузок на плиту.

Подсчёт нагрузок на плиту приведён в таблице 2 (см. также раздел 5 примера №1).

Таблица 2

Подсчёт нагрузок на плиту

Конструктивные элементы и нагрузки	Нормативная нагрузка, Па	Коэффициент надёжности по нагрузке	Расчётная нагрузка, Па
Постоянные нагрузки			
1. Трёхслойная рулонная кровля типа К-1 по СП 17.13330.2011 (см. п. 2.8. примера №1)	117	1,3	152,1
2. Плита покрытия			
2.1. Фанерная обшивка плиты $\delta_{\phi} \cdot \rho_{\phi} \cdot g = 0,008 \cdot 700 \cdot 9,81$	54,9	1,1	60,4
2.2. Продольные рёбра $\frac{1}{b_n \cdot l_n} \cdot b_p \cdot h_p \cdot l_p \cdot n_p \cdot \rho_d \cdot g =$ $\frac{1}{1,5 \cdot 6} \cdot 0,056 \cdot 0,194 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 500 \cdot 9,81$	177,6	1,1	195,4
2.3. Поперечные рёбра $\frac{1}{b_n \cdot l_n} \cdot b'_p \cdot h'_p \cdot l'_p \cdot n_{n.p.} \cdot \rho_d \cdot g =$ $\frac{1}{1,5 \cdot 6} \cdot 0,056 \cdot 0,194 \cdot 0,3 \cdot 8 \cdot 500 \cdot 9,81$	14,2	1,1	15,6
2.6. Слой пергамина на битумной мастике	30	1,2	36
Нагрузка от плиты	276,7		307,4
Всего постоянная нагрузка единицу площади покрытия – g_n	393,7		459,5
Постоянная нагрузка, приведённая к горизонтальной плоскости $g_0 = g_n \cdot \frac{1}{\cos \alpha}; \alpha = 4,57^\circ$	395		461
Конструктивные элементы и нагрузки	Нормативная нагрузка, Па	Коэффициент надёжности по нагрузке	Расчётная нагрузка, Па
Нормальная составляющая постоянной нагрузки	392,5		458,1

$g_{90} = g_0 \cdot \cos^2 \alpha$			
Временные нагрузки			
1. Снеговая нагрузка на горизонтальную поверхность – S	1189	1,4	1665
Нормальная составляющая снеговой нагрузки $S_{90} = S \cdot \cos^2 \alpha$	1181		1654
Нормальная составляющая полной нагрузки $q_{90} = g_{90} + S_{90}$	1573,5		2112,1
Нормальная составляющая полной линейной нагрузки на плиту в Н/м $q = q_{90} \cdot b_n = q_{90} \cdot 1,5$	2360,3 (2360)		3168,2 (3170)

4. Расчёт плиты на прочность.

4.1. Расчётные значения внутренних усилий в плите определяем как в простой, однопролётной с шарнирными опорами балке таврового сечения (см. рис. 4) с пролётом, равным $l_{расч.} = 5,93$ м и нагруженной линейной равномерно-распределённой нагрузкой $q^H = 2360$ Н/м и $q = 3170$ Н/м.

$$M = \frac{q \cdot l_{расч.}^2}{8} = \frac{3170 \cdot 5,93^2}{8} = 13934 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$Q = \frac{q \cdot l_{расч.}}{2} = \frac{3170 \cdot 5,93}{2} = 9399 \text{ Н.}$$

4.2. Фанерную обшивку проверяем на устойчивость в соответствии с п. 6.28 [2]:

$$\frac{M}{\varphi_{\phi} \cdot W_{\phi.нр.}} = \frac{13934}{0,719 \cdot 3,13 \cdot 10^{-3}} = 6,19 \cdot 10^6 \text{ Па} =$$

$$= 6,19 \text{ МПа} < R_{\phi.с.} \cdot m_{\phi} = 12 \cdot 0,9 = 10,8 \text{ МПа}$$

Коэффициент φ_{ϕ} находим в зависимости от отношения

$$\frac{a'}{\delta_{\phi.}} = \frac{0,3}{0,008} = 37,5$$

$$\text{при } \frac{a'}{\delta_{\phi.}} < 50 \quad \varphi_{\phi} = 1 - \frac{\left(\frac{a'}{\delta_{\phi.}}\right)^2}{5000} = 1 - \frac{37,5^2}{5000} = 0,719$$

4.3. Фанерную обшивку плиты проверяем на местный изгиб от сосредоточенного груза $P = 1000$ Н с коэффициентом перегрузки $n = 1,2$ при ширине расчётной полосы $b'_{\phi.} = 1,0$ м (см. п. 6.3.2. примера №1).

4.4. Проверяем прочность продольных рёбер при изгибе плиты:

$$\frac{M}{W_{p.нр.}} \cdot n_{нр} = \frac{13934}{2,52 \cdot 10^{-3}} \cdot 1,11 = 6,14 \cdot 10^6 \text{ Па} = 6,14 \text{ МПа} < R_u \cdot m_{\phi} = 13 \cdot 0,9 = 11,7 \text{ МПа}$$

4.5. В соответствии с п. 6.29. [2] ребра по нейтральному слою и клеевой шов между рёбрами и фанерной обшивкой проверяются на скалывание при изгибе.

Рёбра по нейтральному слою:

$$\frac{Q \cdot S_{x.прив.}}{I_{пр.} \cdot b_{расч.}} = \frac{9399 \cdot 1,95 \cdot 10^{-3}}{2,82 \cdot 10^{-4} \cdot 0,28} = 0,23 \cdot 10^6 \text{ Па} =$$

$$= 0,23 \text{ МПа} < R_{ск} \cdot m_e = 1,6 \cdot 0,9 = 1,44 \text{ МПа},$$

$$b_{расч.} = n_p \cdot b_p = 5 \cdot 0,056 = 0,28 \text{ м}.$$

Клеевой шов между рёбрами и обшивкой:

$$\frac{Q \cdot S_{ф.пр.}}{I_{пр.} \cdot b_{расч.}} = \frac{9399 \cdot 9,16 \cdot 10^{-4}}{2,82 \cdot 10^{-4} \cdot 0,28} = 0,11 \cdot 10^6 \text{ Па} =$$

$$= 0,11 \text{ МПа} < R_{ф.ск} \cdot m_e = 0,8 \cdot 0,9 = 0,72 \text{ МПа}.$$

5. Расчёт плиты на жесткость (прогиб)

В соответствии с п.п. 6.35. и 6.36. [2] прогиб плиты определяется с учётом деформаций сдвига по формуле:

$$f = \frac{f_0}{k} \cdot \left[1 + c \cdot \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right] = \frac{0,0214}{1} \cdot \left[1 + 6,8 \cdot \left(\frac{0,202}{5,93} \right)^2 \right] = 0,0216 \text{ м} = 21,6 \text{ мм},$$

где:

$$f_0 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^n \cdot l_p^4}{0,7 \cdot E_{ф.} \cdot I_{пр.}} = \frac{5 \cdot 2360 \cdot 5,93^4}{384 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 10^{10} \cdot 2,82 \cdot 10^{-4}} = 0,0214 \text{ м} = 21,4 \text{ мм}$$

$k = 1$ – т.к. высота плиты постоянна;

$$c = (45,3 - 6,9 \cdot \beta) \cdot \gamma = (45,3 - 6,9 \cdot 1) \cdot 0,177 = 6,8;$$

$\beta = 1$ – т.к. высота панели постоянна;

$$\gamma = \frac{F_{ф.}}{b_{п.пр.} \cdot h_p} = \frac{106,56 \cdot 10^{-4}}{0,311 \cdot 0,194} = 0,177.$$

Коэффициенты k , c , β , γ , определяются по таблице Е.3 приложения Е [2] как для балки таврового сечения, постоянной высоты, с шарнирными опорами и линейной равномерно-распределённой нагрузкой.

Относительный прогиб плиты равен:

$$\frac{f}{l_p} = \frac{0,0216}{5,93} = \frac{1}{274} < \left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{250} \text{ в соответствии с п. 6.34 [2], плита покрытия}$$

удовлетворяют требованиям жёсткости.

Таким образом, принятые размеры элементов плиты удовлетворяют требованиям [2] как по прочности, так и по жёсткости.

Примечания:

1. Поскольку [2] не содержат указаний для определения “ c ” для балок таврового сечения, и учитывая незначительность влияния деформаций сдвига на величину прогиба (см. пример №1) значения коэффициента “ c ” приняты по табл. Е.3 приложения Е [2] как для балки двутаврового сечения.
2. Расчёт ребристой плиты с обшивкой с нижней стороны производится аналогично, но нижняя обшивка рассчитывается только на растяжение.

Список литературы

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. [Текст] / Минрегион России – М.: ЦПП, 2010 г. – 81 с.
2. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. [Текст] / Минрегион России. -М.: ЦПП, 2010. - 88 с.
3. СП 17.13330.2011. Кровли. Актуализированная редакция СНиП 11-26-76. [Текст] / Минрегион России – М.: ЦПП, 2010 г. – 70 с.
4. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80)/ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко/ - М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
5. Конструкции из дерева и пластмасс: Учеб. для вузов/Ю.В. Слицкоухов, В.Д. Буданов, М.М. Гаппоев и др.; Под ред. Г.Г. Карлсена и Ю.В. Слицкоухова. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с., ил.
6. Руководство по изготовлению и контролю качества деревянных клееных конструкций / Госстроя СССР. – М.:Стройиздат, 1982. – 79 с.
7. Руководство по индустриальному изготовлению деревянных клееных конструкций для строительства. М. Стройиздат, 1975, 61 с.
8. Руководство по проектированию клееных деревянных конструкций. М., Стройиздат, 1977, 189 с. (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко).

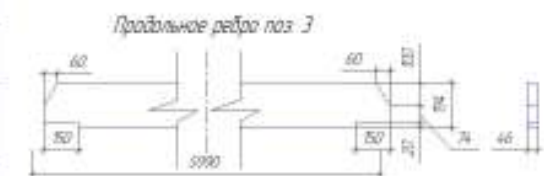
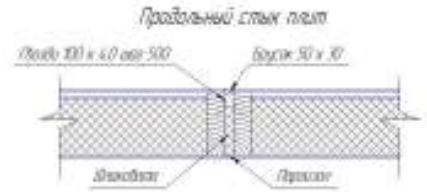
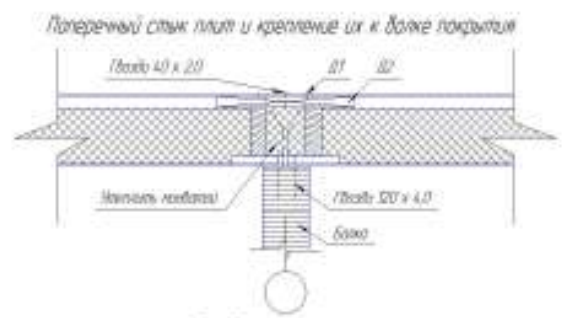
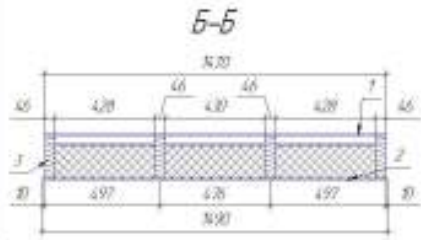
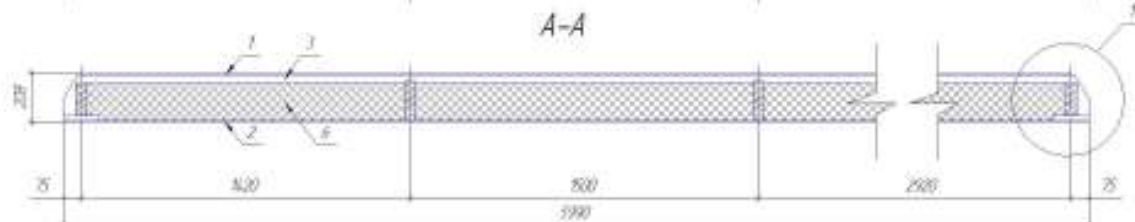
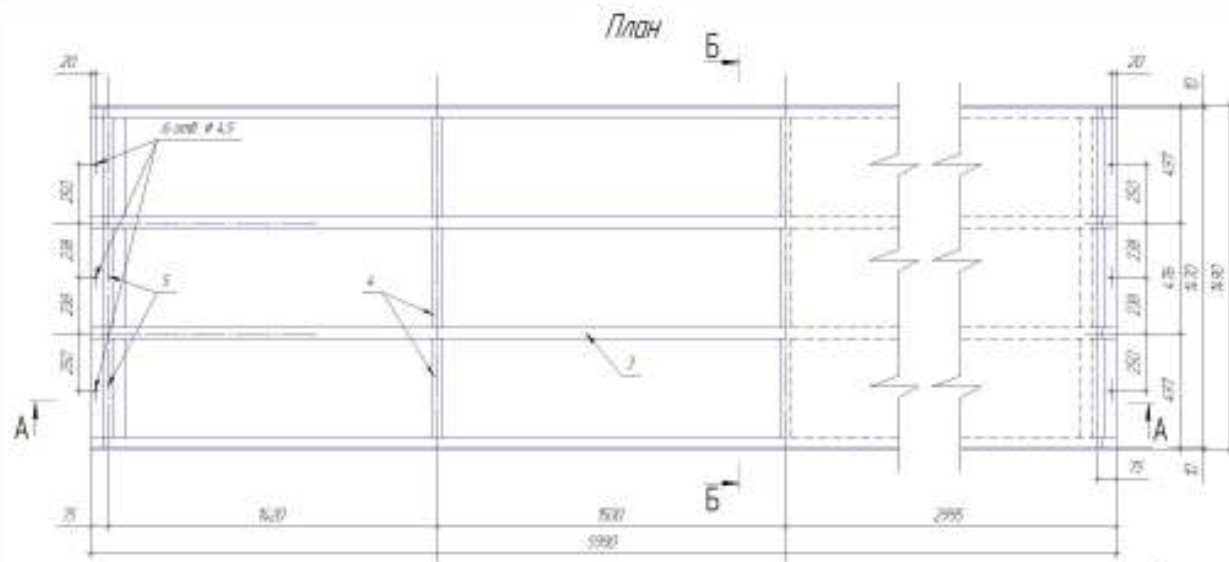
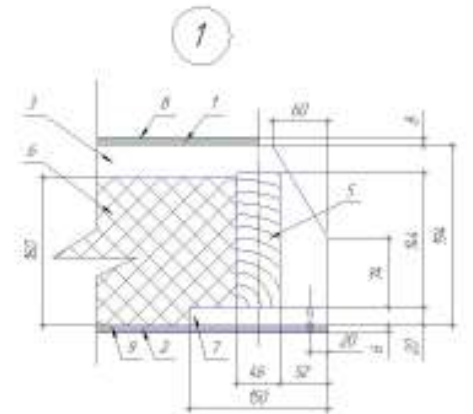


Таблица армирования в плане

Позиция	Диаметр арматуры	Шаг	Сечение				Объем	Масса
			Вдоль	В поперек	Вдоль	В поперек		
1	4.5	100	1	1	1	1	1	1
			2	2	2	2	2	2
			3	3	3	3	3	3
2	5	100	1	1	1	1	1	1
			2	2	2	2	2	2
			3	3	3	3	3	3

Таблица армирования в сечении

Позиция	Диаметр арматуры	Шаг	Сечение				Объем	Масса
			Вдоль	В поперек	Вдоль	В поперек		
1	4.5	100	1	1	1	1	1	1
			2	2	2	2	2	2
			3	3	3	3	3	3
2	5	100	1	1	1	1	1	1
			2	2	2	2	2	2
			3	3	3	3	3	3



1. В сечении плиты диаметр арматуры и шаг арматуры в плане и в сечении.
 2. Диаметр арматуры в плане и в сечении.
 3. Шаг арматуры в плане и в сечении.
 4. Диаметр арматуры в плане и в сечении.
 5. Шаг арматуры в плане и в сечении.

Позиция	Диаметр арматуры	Шаг	Сечение	Объем	Масса

Виталий Викторович Ермолаев

ПЛИТЫ ПОКРЫТИЙ С
ФАНЕРНЫМИ ОБШИВКАМИ
(Проектирование и расчёт)

Методические указания для выполнения курсового и дипломного проектов по дисциплине
“Конструкции из дерева и пластмасс” для студентов 4-го курса направления 270100 –
“Строительство” с профилем 270102 – “Промышленное и гражданское строительство” и для
студентов 5-го курса по специальности 270102 – “Промышленное и гражданское строительство”

Подписано к печати

2011 г.

Формат 60 ×90 1/16

Бумага газетная. Печать офсетная. Уч. изд. л. 1,3 п.л. Усл. печ. л. 1,4 п. л.

Тираж 200. Заказ №

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

603600, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65

Полиграфический центр ННГАСУ

603600, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65