

Войтович Елена Валерьевна (Россия, Белгород) – кандидат технических наук, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (ул. Костюкова, 46, 308012 Белгород, e-mail: e.voitovich@mail.ru).

Pavlenko Natalia Viktorovna (Russian Federation, Moscow) – Ph. D. in Technical Sciences, engineer (Research Institute of Mechanics, Moscow State University. MV Lomonosov (Michurinsk avenue, 1, 119192 Moscow, e-mail: 9103638838@mail.ru).

Pastushkov Pavel Pavlovich (Russian Federation, Moscow) – Ph. D. in Technical Sciences, Research Institute of Building Physics of the Russian Academy

of Architecture and Building Sciences (Lomonosov travel, 21, 127238 Moscow, e-mail: pavel-one@mail.ru).

Kharkhardin Anatolii Nikolaevich (Russian Federation, Belgorod) – doctor of technical sciences, professor, Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov (Str. Kostyukova, 46, 308012 Belgorod, e-mail: s-nsm@intbel.ru).

Voitovich Elena Valerievna (Russian Federation, Belgorod) – Ph. D. in Technical Sciences, engineer, Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov (Str. Kostyukova, 46, 308012 Belgorod, e-mail: e.voitovich@mail.ru).

УДК 624.21.011.1

### ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ДЕРЕВОПЛИТЫ В ПЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЯХ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В.А. Уткин, Г.М. Кадисов  
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

**Аннотация.** Статья посвящена изучению напряженно-деформированного состояния многослойной клееной деревоплиты из перекрестных досок, являющейся несущим элементом дощато-клееных пролетных строений мостов. Деревоплита из нечетного числа слоев перекрестных досок может рассматриваться как однородная тонкая плита с отличающимися свойствами в разных направлениях, с другой стороны она представляет многослойную конструкцию из спаянных (склеенных) однородных анизотропных слоев. В работе дается оценка напряженно-деформированного состояния многослойных деревоплит применительно к плитным пролетным строениям мостов.

**Ключевые слова:** дощато-клееное пролетное строение, многослойная деревоплита из перекрестных досок, четные слои досок, нечетные слои, упругие характеристики.

#### Введение

Плитные пролётные строения из клееной древесины применяются в виде продольной деревоплиты различной конструкции, опёртой на капитальные опоры. В зависимости от вида деревоплиты можно выделить три типа плитных пролётных строений: а) **клееная плита**; б) **обжатая плита**; в) **обжатая клееная плита** [1,2,3].

Основное отличие пролетного строения «**обжатая клееная деревоплита**» от предыдущих типов заключается в том, что отдельные доски заменены клееными балками, уложенными боковой гранью вниз [4-7]. В целом плиту по ширине моста набирают из клееных балок-секций, уложенных плотно друг к другу и обжатых высокопрочными стержнями. Панели из клееной древесины обжимаются

главным образом посредством стержней, размещаемых в отверстиях внутри плиты. Деревоплита проезжей части из обжатых клееных панелей применяется в качестве плитного пролётного строения при пролётах до 12 м.

Известно пролетное строение, составленное из клееных балок прямоугольного поперечного сечения и собранной на месте строительства многослойной клееной деревоплиты проезжей части из перекрестных под углом 90° горизонтальных досок-заготовок. Послойно уложенные на ширину моста доски - заготовки размещены в одном случае под углом 45° к продольной оси балок [8], а в другом [9] - под углом 90° к оси балок для нечетных слоев и 0° для четных. Особенность данной конструкции заключается в том, что в

совместной работе участвуют многослойная горизонтальная плита из перекрестных досок и продольные вертикальные балки, выполненные из конструкционных материалов с разными свойствами. В процессе теоретических и экспериментальных исследований этих конструкций были выполнены работы по изучению упругих свойств многослойной клееной деревоплиты из перекрестных досок [10-12], предложенной в качестве плитного пролетного строения [13].

**Определение упругих характеристик деревоплиты из досок, ориентированных по главным направлениям**

Деревоплита из нечетного числа слоев перекрестных досок может быть отнесена к разряду анизотропных плит, в которой срединная плоскость является плоскостью упругой симметрии, а симметричные слои однородны и ортотропны.

Согласно теории расчета многослойных ортотропных пластинок С.А.Амбарцумяна [14] многослойная деревоплита из перекрестных досок может быть рассмотрена, как однородная пластинка с приведенными упругими характеристиками, а упругие характеристики ее будут зависеть и от числа и толщины слоев, от ориентации досок относительно главных осей, и других факторов.

В отличие от фанеры и многослойных анизотропных пластинок, ортогональные слои которых сформированы без разрывов, слои деревоплиты составлены из узких досок, не объединенных клеевой прослойкой по кромкам. Можно предположить, что при растяжении (сжатии) продольных слоев поперечные (ортогональные) слои через посредство клеевой связи отдельных досок по пласти получают одинаковые с продольными деформации. Деформациями сдвига в виду жесткой клеевой прослойки можно пренебречь.

Рассмотрим деформации многослойной деревоплиты, содержащей  $n$  четных и  $n+1$  нечетных ортогональных слоев досок под действием растягивающих сил (рис.1,а). В соответствии с условиями жесткого объединения досок клеевым швом по пласти доски поперечного направления препятствуют поперечным деформациям досок продольного направления при их удлинении и наоборот. В итоге вместо линейного напряженного состояния имеем плоское, при котором характерный элемент пересечения досок деревоплиты растягивается (сжимается) по двум взаимно перпендикулярным направлениям (рис.1,б,в). Предполагаем при этом, что на-

пряжения и деформации по толщине доски каждого слоя распределены равномерно.

Уравнения обобщенного закона Гука [11] относительно осей  $X, Y$  при растяжении элемента пересечения нечетного слоя с горизонтальными досками (рис. 1,б) будут иметь вид

$$\begin{aligned}\varepsilon_x^{nc} &= \frac{1}{E_1} \sigma_x^{nc} - \frac{\mu_{21}}{E_2} \sigma_y^{nc} \\ \varepsilon_y^{nc} &= -\frac{\mu_{12}}{E_1} \sigma_x^{nc} + \frac{1}{E_2} \sigma_y^{nc}\end{aligned}\quad (1)$$

а при растяжении элемента пересечения четного слоя с вертикальными досками (рис. 2,в) - следующий вид:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x^{cm} &= \frac{1}{E_2} \sigma_x^{cm} - \frac{\mu_{12}}{E_1} \sigma_y^{cm} \\ \varepsilon_y^{cm} &= -\frac{\mu_{21}}{E_2} \sigma_x^{cm} + \frac{1}{E_1} \sigma_y^{cm}\end{aligned}\quad (2),$$

где  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$  - деформации по направлениям  $X$  и  $Y$  для элементов нечетного и четного слоев деревоплиты;  $E_1$  и  $E_2$  - модули упругости для растяжения (сжатия) вдоль и поперек волокон (по направлениям  $X$  и  $Y$  соответственно);  $\mu_{12}$  - коэффициент Пуассона, характеризующий сокращение в направлении  $Y$  при растяжении в направлении  $X$ ;  $\mu_{21}$  - коэффициент Пуассона, характеризующий сокращение в направлении  $X$  при растяжении в направлении  $Y$ .

Исходя из условий совместности деформаций по контакту слоев, имеем равенство деформаций во всех слоях с продольными и поперечными досками:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x^{nc} &= \varepsilon_x^{cm} = \varepsilon_x^* \\ \varepsilon_y^{nc} &= \varepsilon_y^{cm} = \varepsilon_y^*\end{aligned}\quad (3)$$

Переходя к напряжениям в продольных и поперечных слоях, а затем к осредненным нормальным напряжениям в пакете деревоплиты и осредненным упругим постоянным  $\mu_{12}^*, \mu_{21}^*, E_1^*, E_2^*$ , получим окончательные выражения для определения приведенных модулей упругости деревоплиты, ориентированной по главным направлениям:

$$E_1^* = \frac{(1 - \mu_{21}^* \mu_{12}^*) \cdot \mu_{21}}{(1 - \mu_{21} \mu_{12}) \cdot \mu_{21}^*} \cdot E_1 \quad (4)$$

$$E_2^* = \frac{(1 - \mu_{21}^* \mu_{12}^*) \cdot \mu_{21}}{(1 - \mu_{21} \mu_{12}) \cdot \mu_{12}^*} \cdot E_1 \quad (5)$$

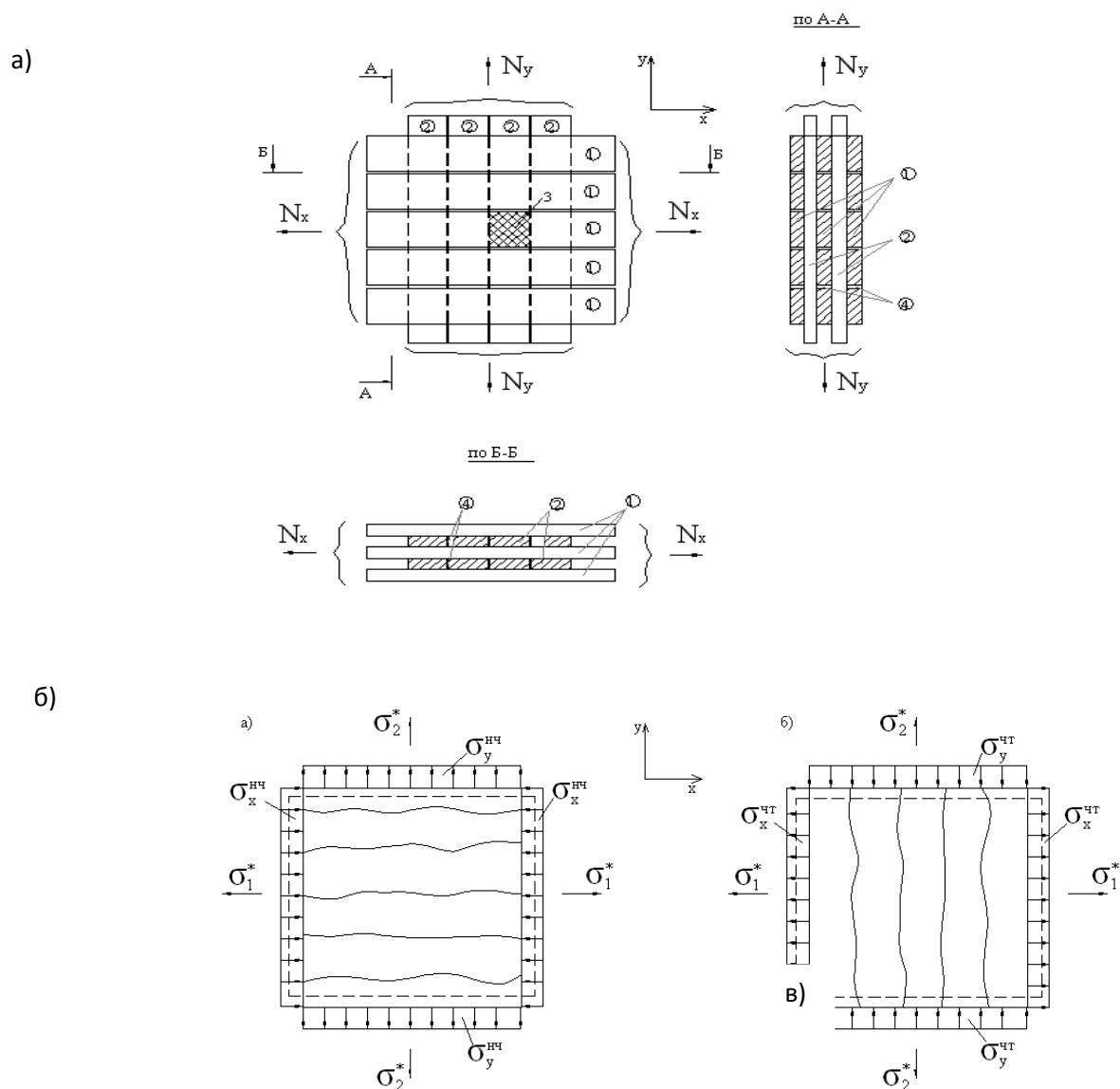


Рис.1. Плоское напряженное состояние многослойной древесоплиты из перекрестных досок:  
 а) фрагмента плиты; б) продольного слоя элемента пересечения;  
 в) поперечного слоя элемента пересечения; 1- нечетные (1, 3, 5, ... n+1) слои; 2- четные (2, 4, 6, ... n);  
 3- элемент пересечения досок древесоплиты; 4- зазоры между кромками досок

В табл.1 в качестве примера даны значения приведенных упругих постоянных многослойной древесоплиты при толщине слоёв 0.033 м. Слои сформированы из древесины с

нормативными упругими постоянными:  $E_1 = 1 \times 10^4$  МПа;  $E_2 = 4 \times 10^2$  МПа;  $G = 5 \times 10^2$  МПа;  $\mu_{12} = 0.5$ ;  $\mu_{21} = 0.02$ .

Таблица 1

Упругие характеристики материала многослойной перекрестной древесоплиты, ориентированной по главным направлениям осей

| Показатель                                                                  | Количество слоёв, 2n+1 |        |        |        |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
|                                                                             | 5                      | 7      | 9      | 11     |
| Приведённые упругие постоянные в направлении главных осей упругости x0 и y0 |                        |        |        |        |
| $\mu_{12}^*$                                                                | 0.0472                 | 0.0443 | 0.0428 | 0.0420 |
| $\mu_{21}^*$                                                                | 0.0325                 | 0.0340 | 0.0349 | 0.0355 |
| $E_1^*$ , МПа                                                               | 6206                   | 5933   | 5779   | 5683   |
| $E_2^*$ , МПа                                                               | 4273                   | 4553   | 4713   | 4803   |

Приведенные данные показывают, что при увеличении числа слоев упругие характеристики древесоплиты для ортогональных направлений постепенно сближаются.

**Определение упругих характеристик древесоплиты из досок, образующих углы 45° главными осями**

В случае, когда плита проезжей части содержит доски, ориентированные под углом 45° к главным осям пролетного строения, необходимо знать упругие постоянные для новой системы координат, повернутой по отношению к первой на угол  $\varphi=45^\circ$  (рис. 2).

Для ортотропной пластинки с упругими постоянными многослойной древесоплиты, ориентированной по главным направлениям, уравнения обобщенного закона Гука, имеют вид

$$\begin{aligned}\varepsilon_x^* &= \frac{1}{E_1^*} \sigma_x^* - \frac{\mu_{21}^*}{E_2^*} \sigma_y^* \\ \varepsilon_y^* &= -\frac{\mu_{12}^*}{E_1^*} \sigma_x^* + \frac{1}{E_2^*} \sigma_y^*\end{aligned}\quad (6)$$

При переходе к новым осям  $x'$ ,  $y'$  уравнения обобщенного закона Гука запишутся в таком виде

$$\begin{aligned}\varepsilon_{x'}' &= \frac{1}{E_1'} \sigma_{x'}' - \frac{\mu_{21}'}{E_2'} \sigma_{y'}' \\ \varepsilon_{y'}' &= -\frac{\mu_{12}'}{E_1'} \sigma_{x'}' + \frac{1}{E_2'} \sigma_{y'}'\end{aligned}\quad (7)$$

где  $\mu_{12}', \mu_{21}', E_1', E_2'$  - упругие характеристики многослойной древесоплиты для новых направлений  $x'$ ,  $y'$ . Новые модули упругости и коэффициенты Пуассона могут быть определены по формулам Лехницкого С.Г. для ортотропной пластинки [16].

В табл. 2 приведены значения упругих постоянных  $\mu_{12}', \mu_{21}', E_1', E_2'$  для многослойной древесоплиты, повернутой на угол 45° к осям  $x$  и  $y$ .

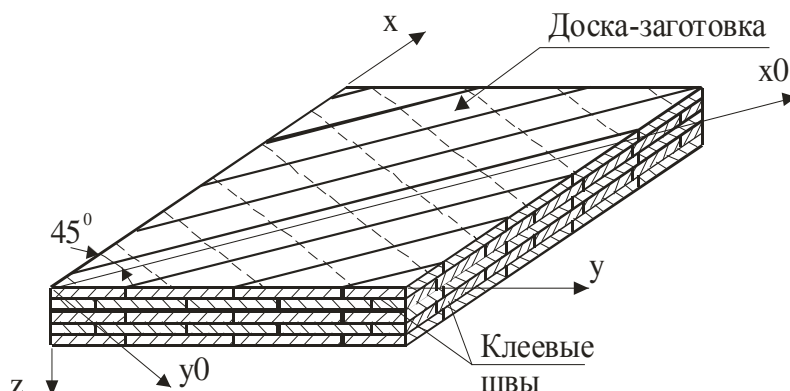


Рис. 2. Древесоплита, повернутая по отношению к осям X и Y на угол  $\varphi=45^\circ$

Из приведенных данных следует, что многослойная деревоплита из перекрестных досок ориентированных под углом  $45^\circ$  к главным направлениям осей имеет в направлении главных осей изотропные свойства и может быть рассмотрена как изотропная пластинка. Следует отметить, что в отличие от фанерных пластинок реальная клееная деревоплита из перекрестных досок содер-

жит слои отдельных досок не объединенных клеевой прослойкой по кромкам, т. е. слои не однородны. Предложенная автором методика определения упругих постоянных многослойной деревоплиты позволяет учесть эту особенность деревоплиты в зависимости от количества слоев и рассматривать деревоплиту как ортотропную пластинку с определенными упругими характеристиками.

Таблица 2

Упругие характеристики материала многослойной перекрестной деревоплиты из досок, ориентированных под углом  $45^\circ$  к главным направлениям осей

| Показатель                                                                      | Количество слоёв, $2n+1$ |        |        |        |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|
|                                                                                 | 5                        | 7      | 9      | 11     |
| Приведённые упругие постоянные в направлении главных осей упругости $x'$ и $y'$ |                          |        |        |        |
| $\mu'_1 = \mu'_2$                                                               | 0.6809                   | 0.6854 | 0.6875 | 0.6882 |
| $E'_{45} = E'_{45}$ , МПа                                                       | 1681                     | 1685   | 1687   | 1688   |
| $G'_{45}$ , МПа                                                                 | 2439                     | 2480   | 2500   | 2507   |

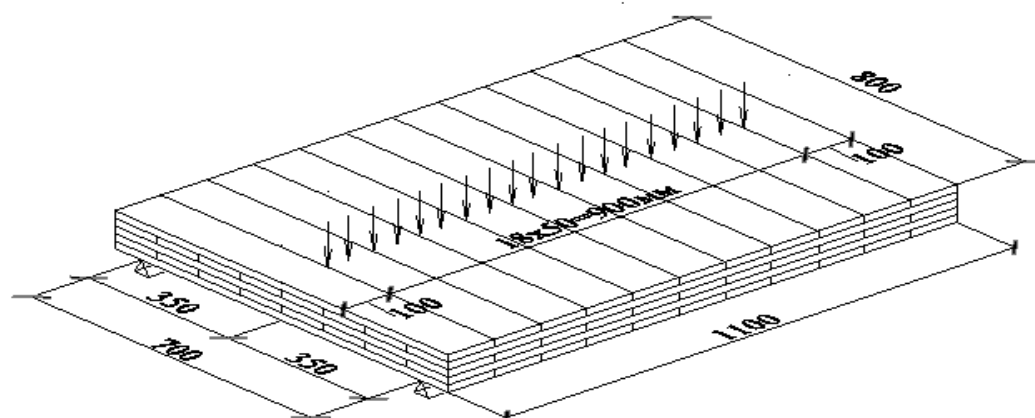
#### Оценка напряженно-деформированного состояния деревоплиты при изгибе

С целью более глубокого изучения работы деревоплиты из досок ориентированных под  $45^\circ$  и  $90^\circ$  к главным направлениям были проведены теоретические и экспериментальные исследования этой конструкции на моделях в масштабе  $\frac{1}{2}$  натуральной. В качестве точной математической модели деревоплиты служила многослойная анизотропная плита,

рассматриваемая по методу конечных элементов.

В качестве исследуемых экспериментальных моделей были приняты две конструкции деревоплиты из пяти слоев перекрестных досок сечением  $100 \times 15$  мм: а) конструкция деревоплиты PL 90 с досками, ориентированными по главным направлениям, б) конструкция деревоплиты PL 45 с досками, ориентированными под углом  $45^\circ$  к главным осям (рис. 3).

а)



б)

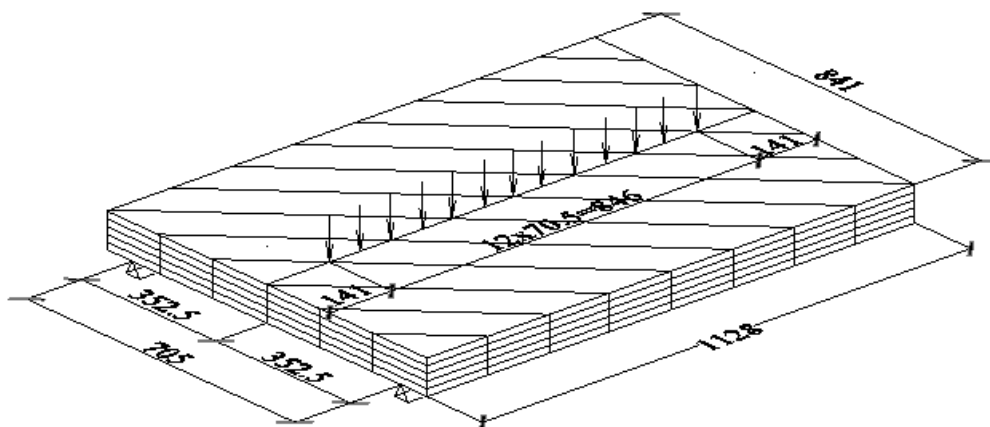


Рис. 3. Конструкция и схема нагружения модели деревоплиты PL 90 (а) и PL 45 (б)

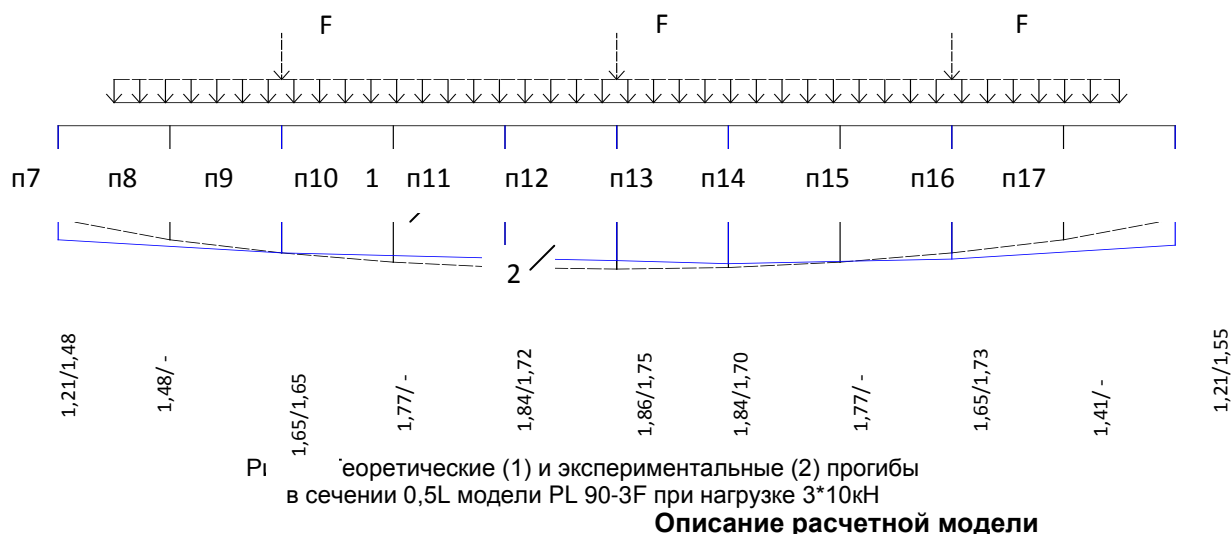
Характеристики материала моделей деревоплиты :  $E_1=10000$  МПа;  $E_2=400$  МПа;  $G=500$  МПа;  $m_{12}=0,5$  и  $m_{21}=0,02$ .

В результате испытания моделей деревоплиты PL-45 статической нагрузкой от трех динамометров  $3 \times 10$  кН были получены прогибы в характерных узлах середины модели. Распределение экспериментальных прогибов по ширине плиты совпадает с распределением теоретических, при этом расхождение в значениях между экспериментальными и теоретическими прогибами составило + 6%.

Результаты испытания моделей деревоплиты PL-90 с досками, ориентированными по направлениям главных осей показали, что данная конструкция обладает более высокими жесткостными и прочностными свойствами, чем модель плиты PL-45, причем эксперимен-

тальные прогибы рассматриваемой модели (рис. 4) в одних и тех же условиях в 1,5 раза меньше прогибов модели PL-45. Сравнение результатов испытания моделей, отличающихся между собой ориентацией досок по отношению к главным осям, показали, что плиты, внешние слои досок которых совпадают с направлением продольной оси, обладают большей несущей способностью, чем плиты, в которых доски размещены под углом  $45^\circ$ .

В итоге проведенных экспериментально-теоретических исследований предложена конструкция плитного пролетного строения, содержащая клееную деревоплиту из перекрестных досок ориентированных под  $90^\circ$  к главным направлениям осей [13].



**и результатов расчета предлагаемого плитного пролетного строения моста из клееной древесины**

Дощато-клееное пролетное строение (рис. 5), содержащее в своем составе деревоплиту 1, опертую двумя сторонами на опоры, ездовое полотно 2, дорожное ограждение 3, составлено из нескольких слоев перекрестных под углом

90° горизонтальных досок-заготовок, уложенных на всю ширину и длину пролета так, что первый и все последующие нечетные слои 4 уложены вдоль оси моста, а все последующие четные 5 – поперек оси моста 6 с устройством клеевых швов между слоями 4 и 5.

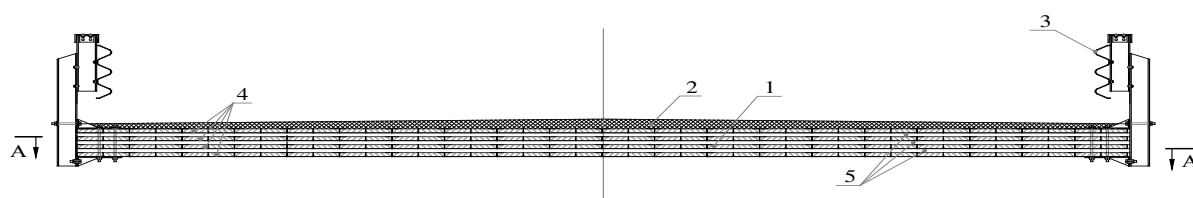


Рис. 5 Поперечное сечение и план клееной деревоплиты плитного пролетного строения из перекрестных досок

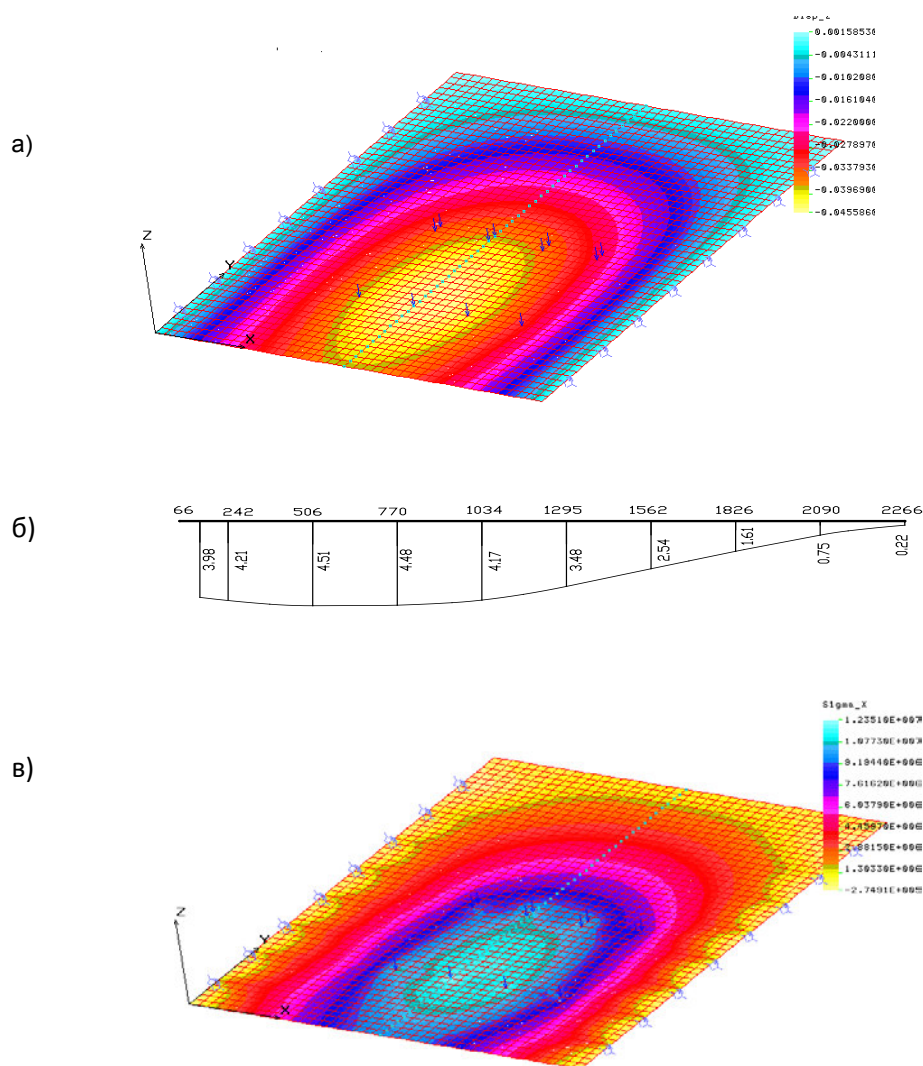


Рис. 6. Деформированное состояние плитного пролетного строения от колесной нагрузки НК-80 (а); эпюра прогибов в поперечном сечении  $L/2$  пролета (б); Напряженное состояние нижней поверхности плиты пролетного строения: а) по направлению оси  $X$  ( $s_x$ ) (в)

В качестве экспериментальной модели пролетного строения была принята конструкция плитного пролетного строения расчетным пролетом 8,60м (полная длина 9,0м), шириной проезжей части 10,0м (полная ширина 10,4м), выполненная в виде клееной деревоплиты из 9 слоев перекрестных досок толщиной 32мм. Нечетные слои досок ориентированы вдоль моста, четные – поперек. Расчетная нагрузка НК-80 установлена в невыгодное положение для балочной конструкции при габарите Г8+2Т×1,0м. Расчет конструкции выполнен методом конечных элементов

На рисунке (рис.6) представлено деформированное состояние пролетного строения под нагрузкой НК-80. Поперечное сечение в середине пролета обозначено узловыми точками, места опирания конструкции представлены в виде опорных связей, узлы приложения нагрузки обозначены сосредоточенными силами. На рисунке 6,б приведена эпюра прогибов плиты середины пролета поперек моста.

Из приведенных данных видно, что жесткость рассматриваемой конструкции 1/200 L превышает нормы для капитальных мостов, но допускается нормами для деревянных мостов.

Приведенные расчетные данные напряженного состояния девятислойной деревоплиты пролетом 9,0м при нагрузке НК-80 (рис.7) свидетельствуют о том, что в рассматриваемой конструкции наибольшие нормальные напряжения при изгибе как вдоль, так и поперек волокон не превышают расчетных сопротивлений, установленных нормами для клееной древесины. При этом максимальные касательные напряжения в плоскости клеевых швов находятся в пределах, установленных нормами для расчетных сопротивлений древесины на растяжение поперек волокон, и в несколько раз меньше расчетных сопротивлений клеевых соединений на сдвиг. Кроме того, данные расчета свидетельствуют о перераспределении напряжений между слоями деревоплиты в соответствии с анизотропными свойствами древесины слоев. Предложенное пролетное строение обладает небольшим собственным весом, резервом грузоподъемности при увеличении числа слоев.

## Выводы

В данной статье рассмотрены вопросы, связанные с работой многослойных деревоплит из перекрестных клеенных по пласти досок, опертых двумя сторонами, на поперечный изгиб от временной нагрузки. В отличие от применяемых в практике плитных про-

летных строений с продольной ориентацией досок «на ребро», высота которых ограничена шириной доски, предлагаемая конструкция деревоплиты имеет резерв увеличения высоты сечения за счет увеличения количества слоев. В сравнении с известными конструкциями плитных мостов, появляется возможность расширения области применения рассматриваемых пролетных строений. В этих конструкциях клеевые швы между слоями досок закрыты от атмосферных воздействий, а щели между крошками перекрестных досок перекрыты расположенными сверху слоями, кроме самого верхнего. Таким образом, в конструктивном плане защита клееной деревоплиты от внешних воздействий выглядит более надежной. Сверх того, конструкция деревоплиты способна воспринимать внешние воздействия как в продольном, так и в поперечном направлениях без дополнительных обжимающих устройств и элементов поперечного распределения.

Можно считать, что самым большим недостатком рассматриваемой конструкции является отсутствие оборудования и технологии изготовления ее на месте строительства в полевых условиях.

Результаты исследования напряженно-деформированного состояния девятислойной деревоплиты плитного пролетного строения длиной 9,0м под нагрузкой НК-80 показали, что предлагаемая конструкция обладает способностью воспринимать современные нагрузки и обладает резервом грузоподъемности при увеличении количества слоев. Конструкция пролетного строения может быть рекомендована при пролетах от 6 до 12 м и более.

## Библиографический список

1. Eurocode 5: Design of timber structure – Part 2: Bridges. European committee for standardization CEN: Brussels, 2004.
2. Handbook 1 Timber Structures. Education and Culture Leonardo da Vinci. Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/06/B/F/PP/1680007. TEMTIS September 2008.
3. Уткин, В.А., Автодорожные деревянные мосты нового поколения : монография / В.А. Уткин, П.Н. Кобзев. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2004. – 50 с.
4. Jullo F. Davalos; Sharma S. Sontl; Sattar Shalk; Russell C. Moody; Roland Hernandez System stiffness for stress-laminated timber bridge decks. Pp 213–220 in Vijaya K.A. Gopu (Ed.) International Wood Engineering Conference; 28-31 October 1996, New Orleans, Louisiana, USA: Department of Civil and Environmental Engineering.
5. Kelth Crews; Stephen Bakoss Fundamental structural behavior of “built-up” stress laminated tim-

ber bridge decks. Pp 39–48 in Ritter, M.A.; Duwadi, S.R.; Lee, P.D.H. (Ed.) National Conference on Wood Transportation structures; 23–25 October 1996, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory.

6. Ronald K. Faller; Michael A. Ritter; Barry T. Robson; Michael D. Fowler; Sheila R. Duwadi. Two test level 4 bridge railings and transportation system for transverse timber deck bridges. Pp 334-351 in Transportation Research Record No.1696, Vol. 1, Fifth International Bridge Engineering Conference, 3-5 April 2000, Tampa, Florida.

7. Alessandro Palermo, Dr.; Simona Giorgini; Stefano Pampanin, Prof.; Andrew H. Buchanan, Prof. Potential of Longitudinal Post-Tensioning for Short-to-Medium Span Timber Bridges. *Structural Engineering International. International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) 2011;21(3):349-355.*

8. Дошато-клееное пролетное строение: патент RU 2204644 C2 РФ/ В.А. Уткин, В.И. Пузиков, П.Н. Кобзев; СИБАДИ; опубл. 20.05.2003.

9. Дошато-клееное пролетное строение: патент RU 22581110 C1, E 01 D 2/04 РФ/ В.А. Уткин, Г. М. Кадисов; СИБАДИ; опубл. 10.08.2005.

10. Уткин, В.А. Пролетные строения из клееной древесины. Теоретические исследования свойств многослойной деревоплиты из перекрестных досок / В.А. Уткин // Проблемы оптимального проектирования сооружений : доклады I Всероссийской конференции. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2008. – С. 404-412.

11. Уткин, В.А. Результаты экспериментального исследования многослойной перекрестной деревоплиты на изгиб / В.А. Уткин // Проблемы оптимального проектирования сооружений : доклады I Всероссийской конференции.- Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2008. – С. 413-420.

12. Уткин, В.А. К вопросу об исследовании многослойной клееной деревоплиты из перекрестных досок на изгиб / В.А. Уткин, П.Н. Кобзев // Промышленное и гражданское строительство. 2009. – №7. – С.51-53.

13. Плитное дошато-клееное пролетное строение: Патент РФ на полезную модель №69528/ В.А. Уткин, Г.М. Кадисов; СИБАДИ; опубл. 27.12.2007.

14. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. Прочность устойчивость и колебания. М.: Издательство «Наука». 1967.- 268 с.

15. Лехницкий С.Г. Анизотропные пластинки. – М. : Гостехиздат, 1957. – 464 с.

## GLUED MULTILAYER SLAB SPANS IN THE DECK STRUCTURE OF TIMBER BRIDGES

V.A. Utkin, G.M.Kadisov

**Abstract.** The article studies the stress-strain state of multilayer laminated timber deck of cross planks, which are a supporting element in slab glulam bridge superstructures. Timber slab from an odd number of cross-layer boards can be considered homogeneous thin plate with different properties in different directions; on the other hand it represents the multilayered structure of welded (glued) homogeneous

anisotropic layers. The work assesses the stress-strain state of multilayer timber slabs in relation to slab span structures of bridges.

**Keywords:** glulam bridge superstructure, the multi-layer cross timber slabs, even layers of boards, odd layers, the elastic characteristics.

## References

[1] Eurocode 5: Design of timber structure – Part 2: Bridges. European committee for standardization CEN: Brussels, 2004.

[2] Handbook 1 Timber Structures. Education and Culture Leonardo da Vinci. Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/06/B/F/PP/1680007. TEMTIS September 2008.

[3] Utkin V.A., Kobzev P.N. Avtodorozhnye derevjannye mosty novogo pokolenija: monografija. – Omsk: Izdatel'stvo SibADI, 2004. – 50 s.

[4] Jullo F. Davalos; Sharma S. Sontl; Sattar Shalk; Russell C. Moody; Roland Hernandez System stiff-ness for stress-laminated timber bridge decks. Pp 213–220 in Vijaya K.A. Gopu (Ed.) International Wood Engineering Conference; 28-31 October 1996, New Orleans, Louisiana, USA: Department of Civil and Environmental Engineering.

[5] Kelth Crews; Stephen Bakoss Fundamental structural behavior of “built-up” stress laminated timber bridge decks. Pp 39–48 in Ritter, M.A.; Duwadi, S.R.; Lee, P.D.H. (Ed.) National Conference on Wood Transportation structures; 23–25 October 1996, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory.

[6] Ronald K. Faller; Michael A. Ritter; Barry T. Robson; Michael D. Fowler; Sheila R. Duwadi. Two test level 4 bridge railings and transportation system for transverse timber deck bridges. Pp 334-351 in Transportation Research Record No.1696, Vol. 1, Fifth International Bridge Engineering Conference, 3-5 April 2000, Tampa, Florida.

[7] Alessandro Palermo, Dr.; Simona Giorgini; Stefano Pampanin, Prof.; Andrew H. Buchanan, Prof. Potential of Longitudinal Post-Tensioning for Short-to-Medium Span Timber Bridges. *Structural Engineering International. International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) 2011;21(3):349-355.*

[8] Doshhato-kleenoe prolethnoe stroenie: patent RU 2204644 C2 RF/ V.A. Utkin, V.I. Puzikov, P.N. Kobzev; SibADI; opubl. 20.05.2003.

[9] Doshhato-kleenoe prolethnoe stroenie: patent RU 22581110 C1, E 01 D 2/04 RF/ V.A. Utkin, G. M. Kadisov; SibADI; opubl. 10.08.2005.

[10] Utkin V.A. Prolethnye stroenija iz kleennoj derevesiny. Teoreticheskie issledovanija svojstv mnogogoslojnoj derevoplity iz perekrestnyh dosok// Problemy optimal'nogo proektirovanija so-oruzhenij // Doklady I Vserossijskoj konferencii.- Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2008. – S. 404-412.

[11] Utkin V.A. Rezul'taty jeksperimental'nogo issledovanija mnogogoslojnoj perekrestnoj derevoplity na izgib// Problemy optimal'nogo proektirovanija so-

ruzhenij // Doklady I Vserossij-skoj konferencii.- Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2008. – S. 413-420.

[12] Utkin V.A., Kobzev P.N. K voprosu ob issledovanii mnogoslojnoj kleenoi derevoplity iz perekrestnyh dosok na izgib // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2009. - №7. – S.51-53.

[13] Plitnoe doshhato-kleenoje proletoe stroenie: Patent RF na poleznuju model' №69528/ V.A. Utkin, G.M. Kadisov; SibADI; opubl. 27.12.2007.

[14] Ambarcumjan S.A. Teorija anizotropnyh plastin. Prochnost' ustojchivost' i kolebanija. M.: Izdatel'stvo «Nauka». 1967.- 268 s.

[15] Lehnickij S.G. Anizotropnye plastinki. – M.: Gostehizdat, 1957. – 464 s.

*Уткин Владимир Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Мосты и тоннели» СиБАДИ; почтовый адрес: 644010, г. Омск, ул. Ленина, д. 33, кв. 22; тел. служ. 7 (3812) 65-23-81, 60-74-72, тел. дом. 7 (3812) 31-02-15, prof.utkin@mail.ru.*

*Кадисов Григорий Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительная механика», СиБАДИ; почтовый адрес: 644106, г. Омск, ул. Волгоградская, 26, кв. 148; тел. служ. 7 (3812) 72-99-84, тел. дом. 7(3812) 75-16-16.*

*Utkin Vladimir Aleksandrovich, doctor of technical sciences, professor of the Department "Bridges and tunnels" VPO "SibADI" (644010, Omsk, ul Lenina 33, flat 22, tel. work: 7 (3812) 65-23-81, 60-74-72, tel. house: 7 (3812) 31 02 15, e-mail: prof.utkin@mail.ru).*

*Kadisov Grigorij Mihajlovich, doctor of technical sciences, professor of the Department «Stroitel'naja mehanika», VPO "SibADI" (644106, Omsk, ul. Volgogradskaja, 26-146, tel. work: 7 (3812) 72-99-84, tel. house: 7(3812) 75-16-16.*