

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛИТ ПОКРЫТИЯ  
И ПАНЕЛЕЙ СТЕН С КЛЕЕДОЩАТОЙ ОБШИВКОЙ  
ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

**RESEARCHES OF COVERING PLATES  
AND WALL PANELS WITH THE GLUED BOARD BY  
THE NUMERICAL METHODS**

*к.т.н. Украинченко Д.А., д.т.н., профессор Жаданов В.И.,  
инженер Руднев И.В.*

*(Оренбургский государственный университет, Россия),*

*к.т.н., доцент Пинайкин И.П. (Иркутский государственный  
технический университет, Россия)*

*Ukrainchenko D.A., candidate of technical sciences, Zhadanov V.I.,  
doctor of technical sciences, engineer Rudnev I.V.*

*(Orenburg State University, Russia),*

*Pinaikin I.P., doctor of technical sciences, docent (Irkutsk Search Tech-  
nical University, Russia)*

**Аннотация**

В статье приведены методика и результаты численных исследований сжато-изгибаемых деревянных панелей с клеедощатой обшивкой из брусков. Выявлены и проанализированы закономерности изменения напряженно-деформированного состояния разработанных панельных конструкций в зависимости от статических и геометрических параметров. Получены расчетные формулы, дающие возможность учесть степень влияния фактических параметров разработанных панелей на величину коэффициентов приведения клеедощатых обшивок.

При расходовании на нужды деревянного малоэтажного строительства больших объемов материальных и энергетических ресурсов повышение эффективности их использования приобретает существенное значение и становится важной народнохозяйственной проблемой. Такое повышение может быть достигнуто за счет увеличения уровня индустриализации и степени заводской готовности строительных конструкций и деталей, расширение практически полносборного панельного строительства из унифицированных элементов.

Технологическая унификация может быть достигнута без существенных капитальных вложений за счет применения панельных конструкций, в которых деревянные цельные или клееные несущие ребра сочетаются с клеодощатой обшивкой.

В связи с вышеизложенным авторами разработаны панели с клеодощатой обшивкой, отличающиеся рядом положительных качеств в сравнении с известными зарубежными и отечественными аналогами / 1, 2 /. В состав разработанных панелей П-образного поперечного сечения входят два продольных деревянных ребра и клеодощатая обшивка, которая приклеена к ребрам с гвоздевым прижимом, что позволяет включить ее в общую работу конструкции. Включение обшивки в работу существенно увеличивает момент инерции и сопротивления поперечного сечения, что и приводит к экономии материала. Неизменяемость поперечного сечения обеспечивается диафрагмами жесткости. Соединение основных ребер и диафрагм выполняется при помощи клеенных стержней, металлических пластин или на зубчатый шип. Новизной предложенного технического решения является то, что клеодощатая обшивка выполнена с предварительным напряжением из склеенных между собой брусков поперечным сечением не более чем 45х45мм.

Точность расчета предложенных панельных конструкций в значительной мере зависит от правильности учета вовлеченной в общую работу клеодощатой обшивки. Степень включения обшивки в общую работу, как известно, оценивается коэффициентом приведения (коэффициент полезной ширины, редуцированный коэффициент), зная который, можно с достаточной для практических целей точностью рассчитать предложенные панельные конструкции.

В связи с вышеизложенным целью численных исследований явилось изучение фактического напряженно-деформированного состояния предложенных конструктивных форм. Для достижения поставленной цели необходимо было выявить и проанализировать закономерности изменения напряженно-деформированного состояния предложенных конструктивных форм в зависимости от статических и геометрических параметров.

В качестве основного инструмента численных исследований напряженно-деформированного состояния изгибаемых и сжато-изгибаемых панелей с клеодощатой обшивкой, включенной в общую работу конструкции, был применен пакет прикладных программ «SCAD». Дублирование полученных результатов осуществлялось при помощи программного комплекса «ЛИРА».

Объектом численных исследований явились панельные конструкции П-образного и в виде двойного Т поперечного сечения, со-

стоящие из несущих деревянных ребер и жестко присоединенной к ним клеодощатой обшивки. В качестве базового варианта была принята панель с размерами в плане 1,5×3,0м П-образного поперечного сечения.

Задачей численных исследований являлось, прежде всего, определение характера распределения нормальных сжимающих напряжений в обшивках разработанных панелей в зависимости от пролета, шага несущих ребер, толщины обшивки, и схемы работы панели (на изгиб или сжатие с изгибом).

С целью установления закономерности влияния вышеперечисленных параметров в расчетах варьировались следующие величины: пролет панели  $L_n=3\dots 6$  м; шаг несущих ребер  $a_p= 0,75, 1,5, 3,0$  м; толщина клеодощатой обшивки  $\delta_{об}= 32, 40, 45$ мм; схема работы – изгиб или сжатие с изгибом; сжимающая нагрузка  $N=0\dots 60$  кН.

Степень влияния вышеперечисленных факторов оценивалась изменением неравномерности распределения нормальных напряжений  $\sigma_x$  по ширине обшивки, характеризующейся коэффициентом приведения, определяемым по формуле:

$$k_{об} = \frac{\sigma_x^{cp}}{\sigma_x^{\max}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_x^{cp}$  – среднее нормальное напряжение по ширине обшивки в рассматриваемом сечении;

$\sigma_x^{\max}$  – максимальное значение нормальных напряжений, возникающих в обшивках в месте их присоединения к основным ребрам.

Полученные результаты для каждого из рассматриваемых случаев представлены в таблице 1.

*Таблица 1.* Значение коэффициентов приведения обшивки для панели пролетом 3,0м при различном шаге основных ребер и толщине обшивки

Шаг основных ребер, мм	Толщина обшивки ( $\delta_{об}$ ), мм		
	32	40	45
750	0,82	0,85	0,87
1500	0,37	0,46	0,51
3000	0,28	0,32	0,36

Для удобства выполнения практических расчетов, полученные данные можно выразить в виде формул. Квадратичная аппроксимация значений таблицы 3.1 при подстановке  $\delta_{об}$  в сантиметрах приводит к соотношениям:

$$k_{об}^{750} = 0,002 \cdot \delta_{об}^2 + 0,023 \cdot \delta_{об} + 0,724 \quad , \quad (2)$$

$$k_{об}^{1500} = -0,01 \cdot \delta_{об}^2 + 0,183 \cdot \delta_{об} - 0,113 \quad , \quad (3)$$

$$k_{об}^{3000} = 0,023 \cdot \delta_{об}^2 - 0,116 \cdot \delta_{об} + 0,415 \quad . \quad (4)$$

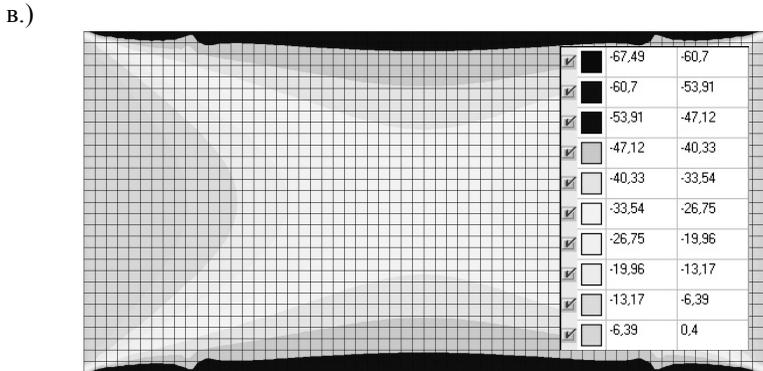
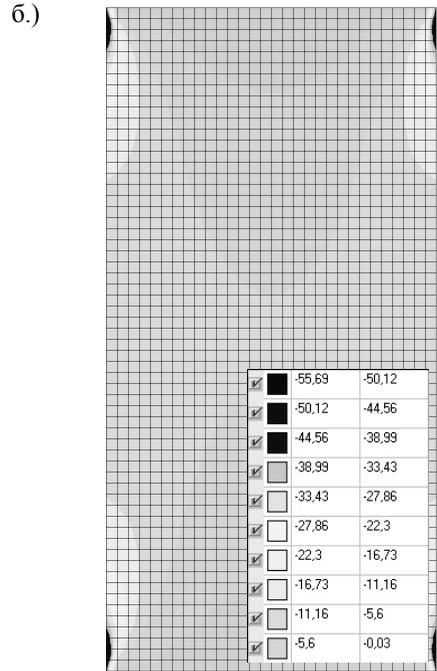
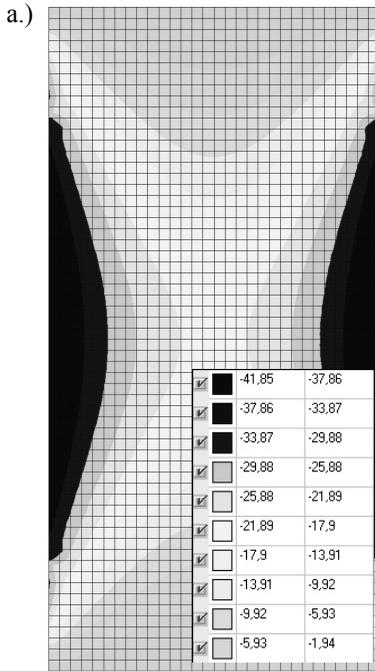
Для определения степени влияния пролета на значение коэффициента  $k_{об}$  авторами были выполнены расчеты конструкций при фиксированных параметрах ширины панели и толщины обшивки с варьированием пролета от 3,0 м до 6,0 м. Так, для панели шириной 1,5 м при увеличении пролета с 3,0 м до 6,0 м при толщине клеедошатай обшивки 40 мм значение  $k_{об}$  увеличилось с 0,46 до 0,52, то есть величина изменения достигает 12%. Аналогичные результаты были получены и при других исходных параметрах панелей, что говорит о необходимости учета этого фактора в расчетах конструкций. Такой учет может быть осуществлен при помощи введения к полученным ранее значениям коэффициентов приведения (таблица 1) поправочного коэффициента  $k_l$ , который может быть определен по аппроксимационной формуле:

$$k_l = 0,662 + 0,338 \sqrt{\frac{L_n}{L_{баз}}} \quad , \quad (5)$$

Степень участия обшивки в общей работе сжато-изогнутой конструкции исследовалась в зависимости от величины сжимающей силы при других фиксированных параметрах и сравнивалась с данными, полученными для случая изгиба. При таком подходе можно проверить возможность применения ранее полученных результатов для изгибаемых конструкций в расчетах сжато-изгибаемых панелей. Так, например приложение сжимающего усилия, равного 60 кН, к панели 1,5×3,0м приводит к снижению коэффициента приведения на 6,5%, что соответствует  $k_{об} = 0,43$ . Проведенные исследования при различных параметрах панелей позволили установить, что коэффициент приведения обшивки с учетом действия продольных сжимающих сил может быть определен по данным таблицы 1 при условии введения поправочного коэффициента  $k_e$ :

$$k_e = 1 - 0,03 \sqrt{\frac{N \cdot c}{M}} \quad , \quad (6)$$

где  $N$  – расчетное продольное усилие, кН;  
 $M$  – расчетный изгибающий момент, кНм;  
 $c = l_m$  – коэффициент на единицы измерения.



а – при действии изгибающей нагрузки; б – при действии сжимающего усилия; в – при совместном действии изгибающей нагрузки и сжимающего усилия

Рисунок 1. Изополя нормальных сжимающих напряжений в обшивке панели 1,5×3,0 м

## Выводы.

1. Проведенные численные исследования позволили выявить и проанализировать закономерности изменения напряженно-деформированного состояния предложенных панелей с клеодощатой обшивкой в зависимости от различных факторов. Использование методики оценки напряженно-деформированного состояния новых конструктивных форм, основанной на методе конечных элементов, позволило достаточно точно характеризовать их работу под действием нагрузок.

2. Степень неравномерности распределения нормальных напряжений по ширине обшивки, характеризуемая коэффициентом приведения  $k_{об}$ , зависит в основном от шага несущих ребер и толщины обшивки, причем увеличение шага ребер с 750 мм (min) до 3000 мм (max) приводит к уменьшению коэффициента приведения  $k_{об}$  на 58...67%, а толщины обшивки с 32 мм до 40 мм обеспечивает увеличение  $k_{об}$  на 6...22%. Влияние фактического значения пролета конструкции и величины продольных сжимающих сил с достаточной для практических целей точностью можно учесть при помощи введения в расчет поправочных коэффициентов  $k_l$ ,  $k_e$ .

3. Выявлено, что в предложенных конструктивных формах устойчивость сжатой клеодощатой обшивки обеспечивается за счет ее толщины до достижения изгибаемой или сжато-изгибаемой панели предельного состояния.

4. Полученные формулы и коэффициенты обеспечивают адекватный переход от пространственной системы к плоской «балочной» схеме.

## *Список литературы:*

1. Патент РФ на полезную модель №36404. МПК E04B 1/10. Утепленная стена вертикальной разрезки / Дмитриев П.А., Жаданов В.И., Дмитриев П.П., Сагантаев Д.В. // Оpubл. 10.03.2004, Бюл.7. – 6с.
2. Жаданов, В. И. Деревянные панельные конструкции для малоэтажного строительства : монография / В. И. Жаданов, Д. А. Украинченко. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – 390 с. – ISBN 978-5-4417-0290-4 (объем 24,56 печ.л., тир. 500 экз.).