

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЕЕДОЩАТЫХ ПАНЕЛЕЙ П-ОБРАЗНОГО СЕЧЕНИЯ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Приведены методика и результаты экспериментально-теоретических исследований клеедощатых панелей П-образного сечения, работающих при поперечном изгибе, при различной ориентации обшивки относительно помещения. Определены значения коэффициентов приведения для клеедощатой обшивки, которые могут быть использованы в инженерном методе расчета. Выполнен расчет разработанных конструкций на ЭВМ по программам «ЛИРА» и «SCAD» с сопоставлением теоретических и экспериментальных данных.

Ключевые слова: панель, древесина, ребро, обшивка, поперечный изгиб, эксперимент, испытание, прочность, напряжения, деформации, коэффициент приведения.

Анализ отечественного и зарубежного опыта строительства показывает, что одним из путей дальнейшего совершенствования технологий возведения малоэтажных объектов является применение комбинированных элементов, совмещающих в себе несущие и ограждающие функции. В деревянных зданиях и сооружениях роль таких элементов, как правило, выполняют ребристые панели с обшивкой, включенной в общую работу конструкции.

На кафедре строительных конструкций ГОУ ОГУ разработана панель с клеедощатой обшивкой, отличающаяся рядом положительных качеств в сравнении с известными зарубежными и отечественными аналогами [1]. В состав разработанной панели П-образного поперечного сечения (рис. 1) входят два продольных ребра из цельной древесины и клеедощатая обшивка, которая приклеена к ребрам с гвоздевым прижимом, что позволяет включить ее в общую работу конструкции. Особенностью клеедощатой обшивки, выполненной из склеенных между собой брусков поперечным сечением от 30х30 мм до 45х45 мм, является то, что она изготавливается с предварительным напряжением, которое создается путем сжатия обшивки в поперечном направлении стальными стержнями, вклеенными с шагом 300-500 мм по всей длине пакета в заранее высверленные отверстия. Это препятствует образованию усушечных трещин, повышает эксплуатационную надежность и эстетические качества стеновой панели в целом, а также позволяет повысить степень включения обшивки в общую работу конструкции (по аналогии со стальными обоями в железобетонных конструкциях). Неизменяемость попереч-

ного сечения обеспечена диафрагмами жесткости, установленными с шагом не более 3000 мм и на расстоянии 500 мм от торцов основных ребер из условия конструирования узлов сопряжения панелей с примыкающими конструкциями. Соединение основных ребер и диафрагм жесткости выполнено при помощи вклеенных стержней или на зубчатый шип.

Выполненный обзор отечественной и зарубежной нормативной и научно-технической литературы показал, что существующие на сегодняшний день методы расчета деревянных панелей не дают ответа на вопрос о степени участия в общей работе конструкции клеедощатых обшивок, которые могут быть расположены как в сжатой, так и в растянутой зонах поперечного сечения изгибаемых панелей. Отсутствуют и какие-либо экспериментальные данные по этому вопросу, что приводит к несоответствию расчетных моделей реальному поведению конструкции при воздействии эксплуатационных нагрузок.

С целью изучения действительной работы разработанных панелей с клеедощатой обшивкой при поперечном изгибе проведены статические испытания натурной опытной конструкции, предназначенной для использования в качестве элемента перекрытия одноэтажного отапливаемого здания (работа выполнена при консультациях д.т.н., профессора П.А. Дмитриева, г. Новосибирск). При этом ставились следующие задачи:

– исследовать напряженно-деформированное состояние каждого конструктивного элемента и долю его участия в работе всей конструкции, в частности совместную работу обшивки с

ребрами, расположенную как в сжатой, так и растянутой зоне поперечного сечения;

– определить действительную несущую способность и деформативность конструкции, выяснить место и характер разрушения;

– оценить прочность соединений конструкции.

Продольные ребра опытной конструкции изготовлены из цельной древесины сосны II сорта с размерами поперечного сечения 40x170 мм. Обшивка из брусков 40x40 мм приклеивалась к ребрам с гвоздевым прижимом. Диафрагмы, установленные на расстоянии 500 мм от торцов панели, имели сечение, аналогичное основным ребрам. Отделочные, теплоизоляционные и пароизоляционные слои при изготовлении опытной конструкции не устраивались.

Разработанная панель исследовалась при расположении обшивки в сжатой и растянутой зоне поперечного сечения. При испытании опытная конструкция имела, с одной стороны, шарнирно-подвижную, с другой – шарнирно-неподвижную опору. Опорные реакции передавались на основные ребра через стальные жесткие прокладки длиной 60 мм и шириной, рав-

ной ширине основных ребер. Перед испытанием опытную конструкцию тщательно обследовали визуально. Проводили измерение поперечных сечений рабочих элементов и сравнивали с проектными. Фактические пороки древесины были сопоставлены с допусками по нормам. Кроме того, проверяли качество изготовления конструкции (точность подгонки элементов, наличие или отсутствие повреждений древесины, качество обработки рабочих поверхностей, качество клееных швов и т. д.). При проведении испытаний измеряли температуру и влажность воздуха в помещении.

Опытная конструкция рассчитана с соблюдением требований [2] под расчетную нагрузку $q=4,66 \text{ кН/м}^2$. Значение нагрузки было определено с учетом фактических размеров поперечных сечений ее элементов из условия восприятия максимальных скальвающих напряжений в опорных сечениях. Испытания были проведены с использованием методики и рекомендаций [3].

Для получения четкой картины работы панели под нагрузкой при проведении испытаний измеряли:

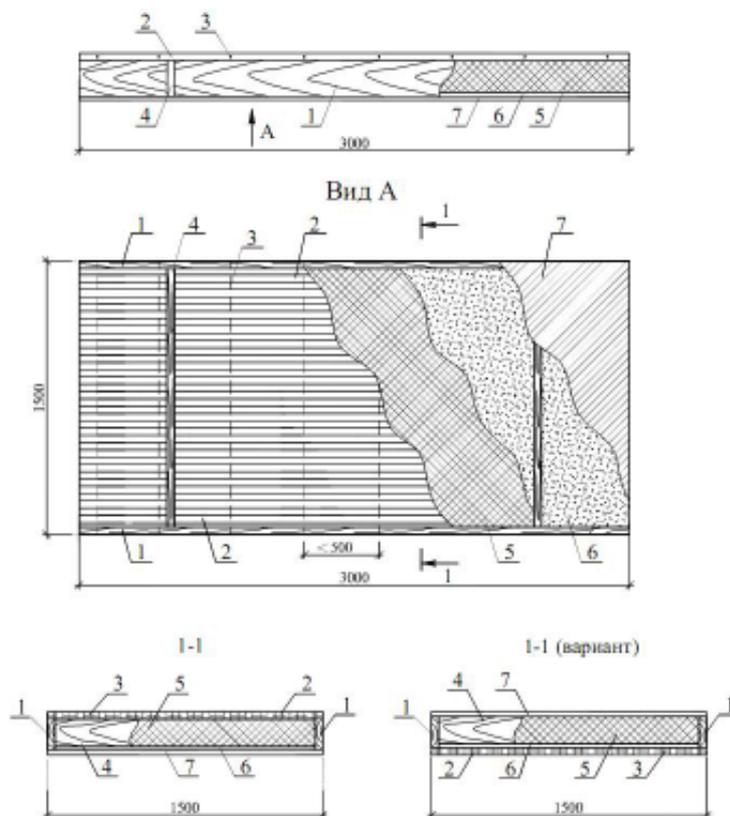


Рисунок 1. Панель с клеёнощитой обшивкой:
1 – продольные ребра; 2 – клеёнощитая обшивка; 3 – поперечные арматурные стержни; 4 – диафрагма жесткости; 5 – утеплитель или звукоизоляция; 6 – пароизоляция; 7 – пол или подшивной потолок

– основные деформации системы: прогиб панели в середине и третях пролета, осадки опор, изменение длины пролета, прогибы обшивки, величину расхождения основных ребер в середине пролета;

– фибровые деформации ребер и клеодошчатой обшивки.

Основные деформации конструкции измеряли прогибомерами 6ПАО-ЛИСИ и индикаторами часового типа с ценой деления шкалы 0,01 мм. Деформации в элементах конструкции измеряли согласно общепринятой методике [4] с использованием тензорезисторов с базой 20 мм и микропроцессорной многоканальной тензометрической системы ММТС-64, которая обеспечивала время снятия отсчетов не более 1 секунды. Схема расстановки механических приборов показана на рис. 2.

Клеодошчатая обшивка при действии равномерно распределенной нагрузки изгибается, одновременно работая на сжатие при общем изгибе конструкции. Для определения сжимающих и изгибных напряжений, действующих в обшивке, нагружение плит осуществляли:

– нагрузкой, приложенной только к основным ребрам (при расположении обшивки как в сжатой, так и в растянутой зоне поперечного сечения);

– нагрузкой, равномерно распределенной по площади обшивки (при расположении обшивки в сжатой зоне поперечного сечения).

После завершения первых испытаний конструкцию разгружали и выдерживали перед проведением последующих не менее трех суток. Нагружения производили до расчетных нагрузок. После испытаний панели расчетными нагрузками конструкцию доводили до разрушения, нагружая ее нагрузкой, равномерно распределенной по обшивке. Изгибную нагрузку создавали синтетическими мешками с песком массой 20 кг, вес которых тарировался перед проведением каждого испытания. После тарировки мешки запаивались для предотвращения изменения влажности песка и соответственно веса. Для передачи нагрузки только на ребра были изготовлены специальные загрузочные щиты, на которых располагались мешки с песком.

При проведении испытаний соблюдали следующие условия:

– схема приложения нагрузок на каждой ступени загрузки оставалась неизменной;

– нагрузки прикладывались ступенями в равные промежутки времени, составляющие 3-5 мин.;

– испытываемую конструкцию выдерживали под нагрузкой одинаковое время, равное 15 минутам.

Измерение деформации проводили как непосредственно перед приложением нагрузки, так и тотчас после загрузки.

Продолжительность снятия отсчетов была не более 1 минуты.

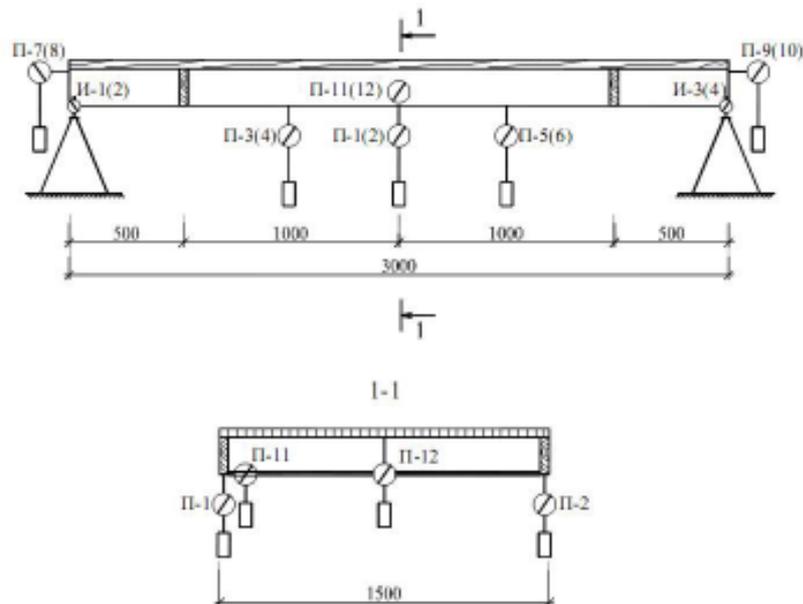


Рисунок 2. Схема расстановки механических приборов при расположении обшивки в сжатой зоне

Отсчеты снимались в одной последовательности, сначала посередине пролета, затем на опорах. Во время испытаний непрерывно производили наблюдения за испытываемой конструкцией (появление трещин от скалывания, разрывов волокон и других повреждений).

Максимальные прогибы основных ребер панели в середине пролета при различных положениях обшивки и приложении нагрузки находились в пределах норм. На рис. 3а показаны деформации ребер в середине пролета при положении обшивки в сжатой зоне (положение I) и растянутой зоне (положение II) поперечного сечения панели. Значения фактических прогибов от нормативной нагрузки составили 6,3 мм при расположении обшивки в сжатой зоне и 6,7 мм в растянутой, при этом относительный прогиб был равен 1/476 и 1/447 пролета соответственно. Расхождения в значениях прогибов по ступеням загрузки, а также в зависимости от схемы приложения нагрузки не превышали 5%.

При загрузке конструкций нагрузкой, равномерно распределенной по площади панели, относительный прогиб обшивки при нормативной нагрузке составил в среднем 1/268 пролета обшивки. При загрузке нагрузкой, приложенной на ребра, наблюдался выгиб обшивки, который составил 0,8 мм и 1,1 мм для I и II положения соответственно (рис. 3б). Нарастание прогибов обшивки (независимо от схемы загрузки и положения обшивки) происходило пропорционально нагрузке.

В то же время в процессе испытаний наблюдалась депланация поперечного сечения пане-

ли между диафрагмами. Максимальная величина расхождения ребер составила при нормативной нагрузке 1,8 мм, при расчетной нагрузке – 2,2 мм.

Характер распределения изгибных напряжений в основных ребрах панели в опасном сечении при различном положении обшивки представлен на рис. 4. При испытаниях панели нагрузкой, приложенной только к основным ребрам, и нагрузкой, равномерно распределенной по площади обшивки, а также при ее различном положении эпюры распределения изгибных напряжений в ребрах были идентичны. Отметим, что при определении значений напряжений в расчет вводились фактические модули упругости материалов, определенные по стандартным методикам.

Работу обшивки под нагрузкой оценивали по изменениям в ней нормальных сжимающих напряжений. Принимая, что по толщине обшивки изгибные напряжения меняются по линейному закону относительно срединной плоскости, по разности напряжений верхней и нижней сторон обшивки можно выделить напряжения изгиба и напряжения сжатия. Выделив напряжения сжатия из общих напряжений, получили ярко выраженное неравномерное их распределение по ширине обшивки (рис. 4). Напряжения, действующие в клеодошатай обшивке, имели максимальные значения у продольных ребер и минимальные – в середине поля обшивки. Как известно, в практических расчетах доля участия клеодошатай обшивки в общей работе конструкции определяется с уче-

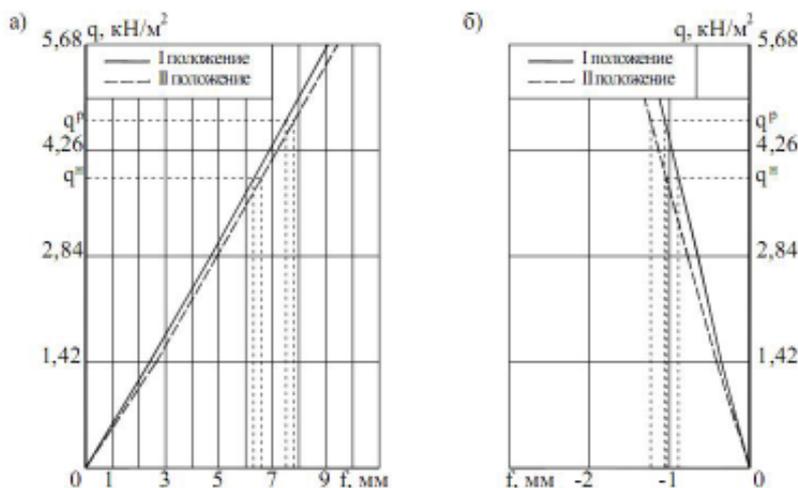


Рисунок 3. Деформации основных элементов опытной конструкции: а – прогиб основных ребер плиты в середине пролета; б – прогиб обшивки в середине пролета

том коэффициента приведения. Его значение для исследуемой панели составило 0,73.

Испытанная конструкция рассчитывалась на ЭВМ по программам «ЛИРА» и «SCAD». В результате расчета получены эпюры распределения напряжений в элементах панели, которые были полностью идентичны экспериментальным. Расхождение между теоретическими и экспериментальными данными не превышало 11% для величины прогибов и 15% для значений напряжений, что для испытаний натурной конструкции можно считать удовлетвори-

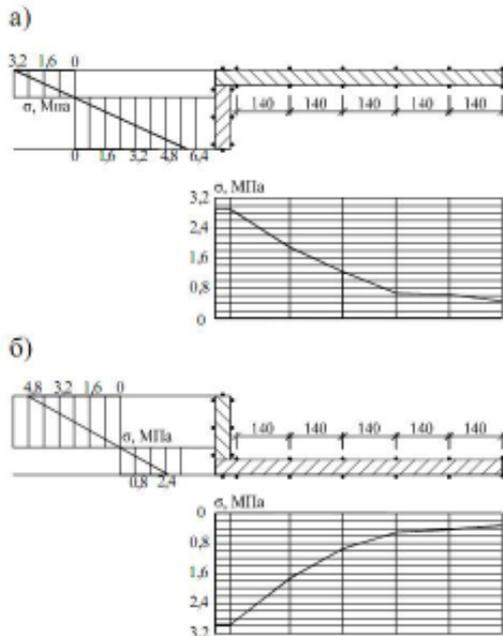


Рисунок 4. Характер распределения изгибных напряжений в основных ребрах и нормальных сжимающих напряжений в обшивке:
а – при расположении обшивки в сжатой зоне;
б – при расположении обшивки в растянутой зоне

тельным. Результаты расчетов по программным комплексам «ЛИРА» и «SCAD» были полностью идентичны.

При испытании конструкции до разрушения обшивка панели была расположена в сжатой зоне поперечного сечения, что соответствует условиям ее наихудшей работы. Панель разрушилась при нагрузке 1295,5 кН/м². Требуемый коэффициент безопасности, посчитанный согласно [3], равен 2,25, а фактический составил 2,78, что свидетельствует о достаточной несущей способности разработанной конструкции.

Разрушение опытной конструкции произошло в опорных зонах по клеевому шву сопряжения основного ребра и обшивки, вызванное касательными напряжениями.

Выводы. 1. Клеодощатая обшивка, приклеенная к ребрам каркаса, включается в общую работу плиты, увеличивая тем самым ее прочность и жесткость, при этом в практических расчетах коэффициент приведения для клеодощатой обшивки следует принимать 0,73.

2. Ширина обшивки, включающаяся в работу, не зависит от ее расположения в сжатой или растянутой зоне поперечного сечения панели.

3. Расчет панелей с клеодощатой обшивкой, включенной в общую работу конструкции, рекомендуется выполнять с использованием программных комплексов «ЛИРА» и «SCAD». Инженерный расчет можно производить по методу приведенного сечения с учетом полученных значений коэффициентов приведения (определенных для конкретных параметров панелей численными или экспериментальными методами).

Список использованной литературы:

1. Патент РФ на полезную модель №36404. МПК E04B 1/10. Утепленная стена вертикальной разрезки / Жаданов В.И., Дмитриев П.А., Дмитриев П.П., Сагантаев Д.В. // Опул. 10.03.2004. Бюл. 7. – 6 с.
2. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1983. – 31 с.
3. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко.-М.: Стройиздат, 1976. – 28 с.
4. Ренский А.Б., Баранов Д.С., Кочетов А.И. Руководство по тензометрированию строительных конструкций и материалов / НИИ бетона и железобетона. – М.: Госстройиздат, 1971. – 313 с.

Сведения об авторах: Украинченко Дмитрий Александрович, аспирант кафедры строительных конструкций Оренбургского государственного университета, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, ауд. 2127, тел. (факс) (3532)315423, e-mail: ukrainchenko@inbox.ru

Жаданов Виктор Иванович, доцент кафедры строительных конструкций Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, ауд. 2127, тел. (факс) (3532)315423, e-mail: organ-2003@bk.ru

Лисов Сергей Вячеславович, аспирант кафедры строительных конструкций Оренбургского государственного университета, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, ауд. 2127, тел. (факс) (3532)315423, e-mail: lisoff@bk.ru