

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра строительных конструкций

ИСПЫТАНИЕ РЕБРИСТОЙ КЛЕЕФАНЕРНОЙ ПЛИТЫ

Методические указания

Составители:

М. А. Нестеренко, В.И. Жаданов, Ю. А. Ловецкая

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Оренбург
2021

УДК 621.011(076.5)

ББК 38.55я7

И88

Рецензенты: доцент, доктор технических наук В.А. Гурьева
доцент, кандидат технических наук О.В. Никулина

И88 **Испытание ребристой клефанерной плиты:**
методические указания / составители М. А. Нестеренко, В.И. Жаданов,
Ю. А. Ловецкая; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2021. – 37 с.

Методические указания содержат алгоритм проведения испытаний ребристых клефанерных плит.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы «Испытания ребристой клефанерной плиты» по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

УДК 621.011(076.5)
ББК 38.55я7

© Нестеренко М. А.,
Жаданов В. И.,
Ловецкая Ю. А.,
составление, 2021
© ОГУ, 2021

Содержание

Введение.....	4
1 Цель и задачи лабораторной работы.....	5
2 Варианты конструктивных решений ребристых клефанерных плит	5
3 Основные положения расчета.....	14
4 Методика проведения испытания.....	21
5 Обработка результатов испытания.....	25
6 Указания по технике безопасности	28
7 Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы	28
8 Тестовые задания для защиты лабораторной работы	29
Список использованных источников	35
Приложение А	36
Приложение Б.....	37

Введение

Лабораторные работы являются важной составной частью курса «Конструкции из дерева и пластмасс». Выполнение лабораторных работ даёт представление о механических показателях древесины, листовых древесных материалов и конструкционных пластмасс как одних из основных и прогрессивных конструкционных материалов, способствует лучшему пониманию работы элементов конструкций и их соединений, прививает навыки проведения экспериментальных исследований, повышает уровень инженерных знаний будущего специалиста.

Все работы выполняются под руководством преподавателя при обязательном личном участии каждого студента.

Для выполнения лабораторных работ студент обязан изучить правила по технике безопасности и расписаться в соответствующем журнале ТБ.

По лабораторным работам студент индивидуально составляет отчёт в отдельной тетради.

Подготовленность студентов проверяется по контрольным вопросам и тестовым заданиям, приведенным в п. 8 и 9 настоящим методическим указаниям соответственно. Неподготовленные студенты к работе не допускаются.

В процессе каждой работы вначале производят обмер испытываемых элементов, выполняют расчёты (для этого необходимо иметь вычислительные приборы) и лишь после этого проводят испытания. После обработки данных испытания анализируют сходимость расчётных и экспериментальных величин, изучают полученные графики и схемы и фиксируют характер разрушения образцов.

Студенты, не выполнившие по уважительной причине вовремя лабораторные работы, обязаны выполнить их с другой академической группой (подгруппой) согласно расписанию.

Зачёт включает в себя контроль знаний лабораторной работы и лекционного материала по курсу дисциплины. Студенты, не выполнившие лабораторную работу, к зачёту не допускаются.

1 Цель и задачи лабораторной работы

Лабораторная работа проводится с целью ознакомления с характерными особенностями работы ребристой клеефанерной плиты в условиях, приближенных к условиям реальной эксплуатации.

Для реализации поставленной цели в ходе работы определяют:

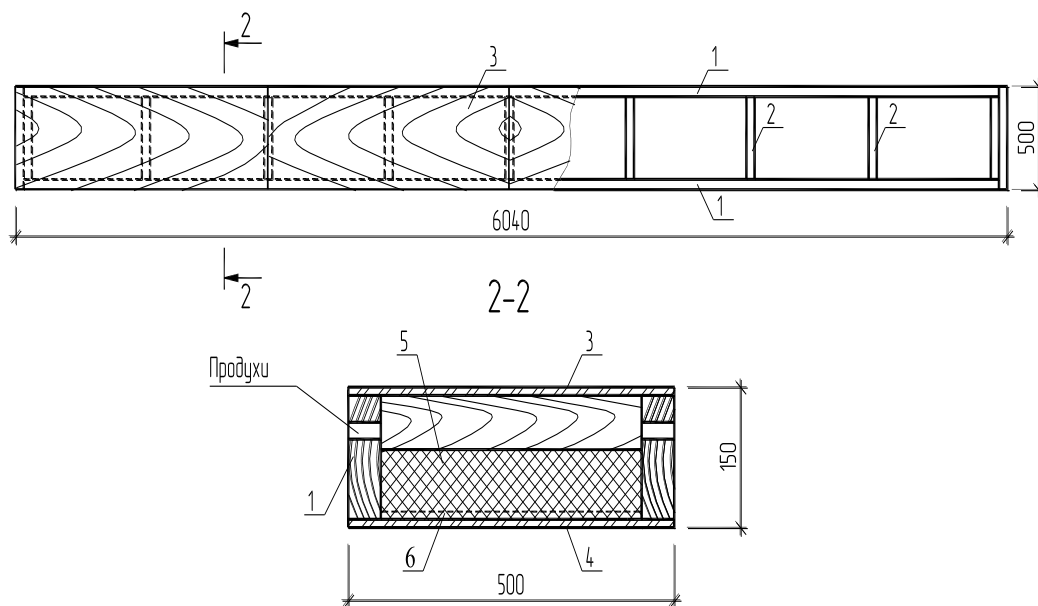
- расчетную несущую способность плиты по нормальным напряжениям;
- величину и характер распределения нормальных напряжений по площади поперечного сечения плиты при расчетной нагрузке;
- теоритические и экспериментальные значения прогибов ребер и обшивки при расчетной нагрузке и характер их изменений при нагружении;
- степень и долю включения фанерной обшивки в общую работу конструкции в зависимости от геометрических размеров панели, схемы расположения обшивки в сжатой или растянутой зонах поперечного сечения, схемы работы панельной конструкции.

2 Варианты конструктивных решений ребристых клеефанерных плит

Ребристые клеефанерные плиты - это индустриальные совмещенные конструкции, которые выполняют несущие и ограждающие функции: фанерная обшивка за счет жесткого клеевого соединения с деревянным каркасом включается в общую работу конструкции. Их используют, как правило, в покрытиях производственных зданий. Такие конструкции весьма эффективны в работе «на

пролет» по балочной схеме (рисунок 1). Для повышения тех или иных эксплуатационных характеристик и эффективность плиты в целом возможны различные компоновки элементов, из которых состоит конструкция.

В мировой истории строительства по мере развития встречаются различные варианты конструктивных решений ребристых клефанерных плит. Первые разработки, экспериментальные и теоретические исследования в этом направлении приведены еще в 50-х годах, когда в ЦНИПСе, Военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева и в НИИ по строительству Минмашстроя были предложены и испытаны плиты размером 0,5х6,0м с фанерными обшивками, приклеенными к каркасу из двух основных продольных и вспомогательных поперечных ребер. Основные ребра каркаса, верхняя и нижняя обшивки образовывали коробчатую конструкцию, в полости которой размещали минераловатный утеплитель (рисунок 1).

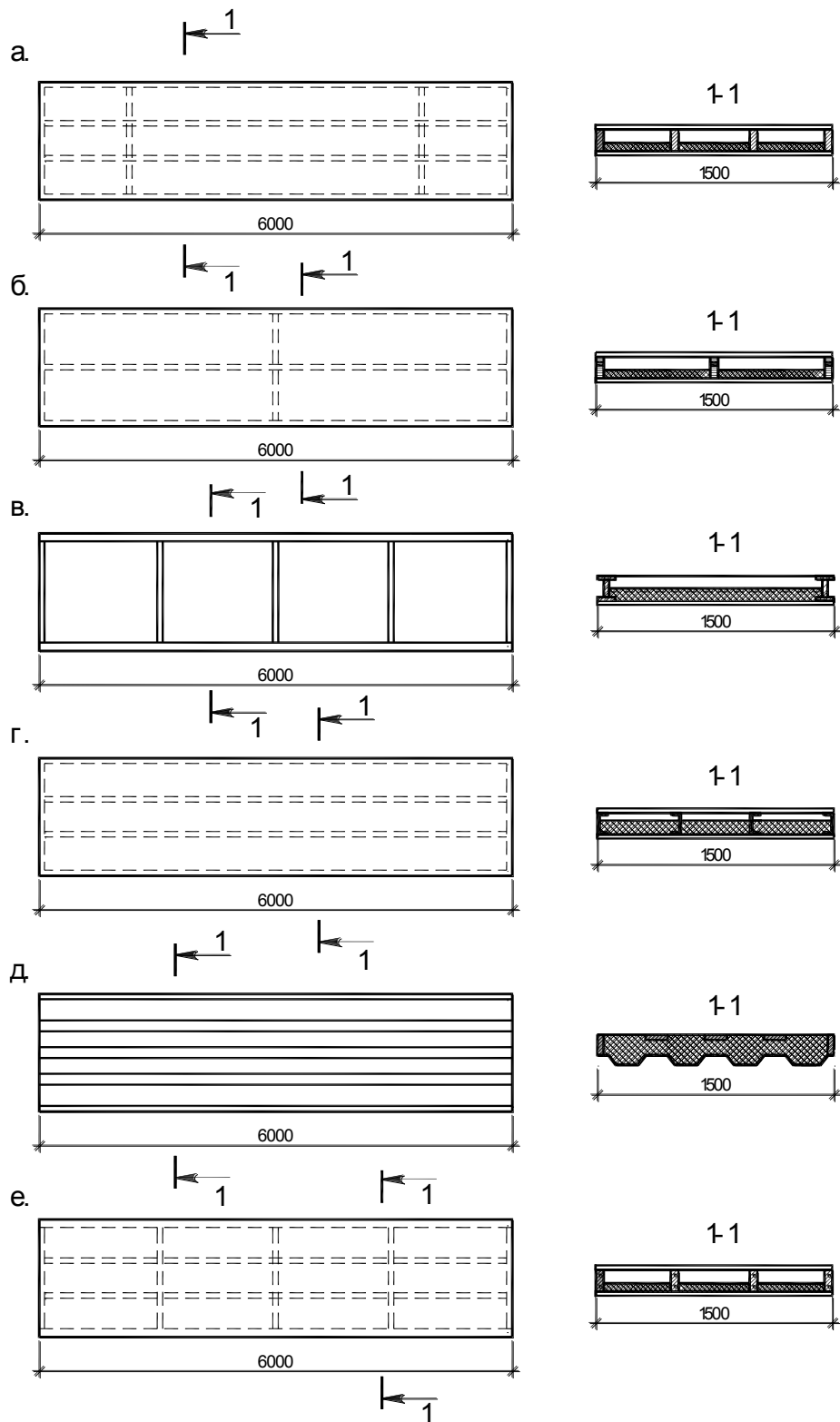


- 1 – основные ребра; 2 – поперечные ребра; 3 – верхняя фанерная обшивка;
4 – нижняя фанерная обшивка; 5 – утеплитель; 6 – пароизоляция

Рисунок 2.1 – Клефанерная плита 0,5х6,0м (ЦНИПС)

Следующий шаг в направлении совершенствования клеефанерных плит связан с разработкой новых конструктивных решений основных ребер (рисунок 2). В результате работ Д.К. Арленинова, Л.Г. Гавриловой, В.Г. Житушкина, В.Б. Касаткина, В.В. Клименко, П.С. Кузнецова, в И.М. Линькова, Р.Б. Орловича, Э.А. Панычевой, В.Т. Попова были предложены конструкции плит покрытия с клеодошатыми ребрами, с ребрами в виде клеефанерных балок, фанерных профилей, с армированными ребрами, что позволило перекрывать пролеты 6 и более метров без применения дефицитного крупноразмерного сортамента пиломатериалов и повысило жесткость конструкций.

Плиты на деревянном каркасе пролетом 6 метров нашли применение взамен тяжелых железобетонных в США, Англии, Франции, Дании, Германии, в Скандинавских и других странах.



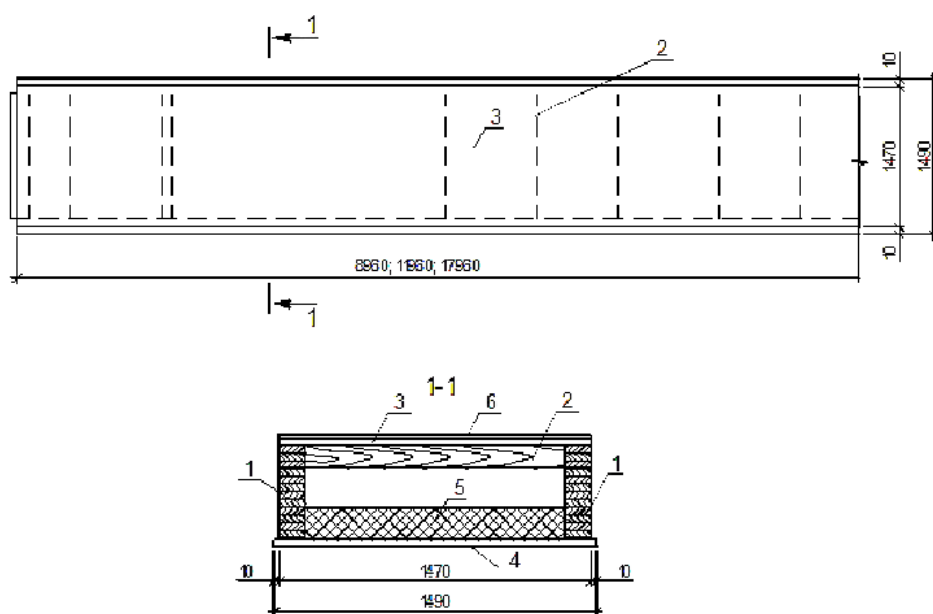
а – с ребрами из цельной древесины; б – с клееными ребрами; в – с ребрами двутаврового сечения; г – с ребрами из клефанерных швеллеров; д – с применением клефанерных профилей гофрированного сечения; е – с армированными ребрами

Рисунок 2.2 – Конструктивные решения плит пролетом 6м

Помимо уже знакомых плит длиной 6м, существуют крупногабаритные плиты «на пролет», особенностью которых является увеличенная до 9-18м длина.

В России разработками и исследованиями крупногабаритных плит на основе древесины занимались такие ведущие организации, как ЦНИИСК им. Кучеренко, ЦНИИПромзданий, Гипронисельхоз, Южгипронисельхоз, Новосибирский филиал «Оргэнергостроя», СибЗНИИЭП. Рассмотрим наиболее интересные из этих разработок.

В ЦНИИПромзданий разработан альбом рабочих чертежей клеефанерных плит размером 9, 12 и 18 м, предназначенных для покрытий одно- и многопролетных зданий с кровлей из рулонных материалов. Конструкция плит (рисунок 3) состоит из несущих продольных ребер из клееной древесины прямоугольного сечения прямолинейного или двускатного очертания, объединенных в каркас поперечными ребрами и фанерными обшивками, соединенными с каркасом на клею. На нижней обшивке расположен пароизоляционный слой, по которому укладывается утеплитель из полужестких минераловатных плит.

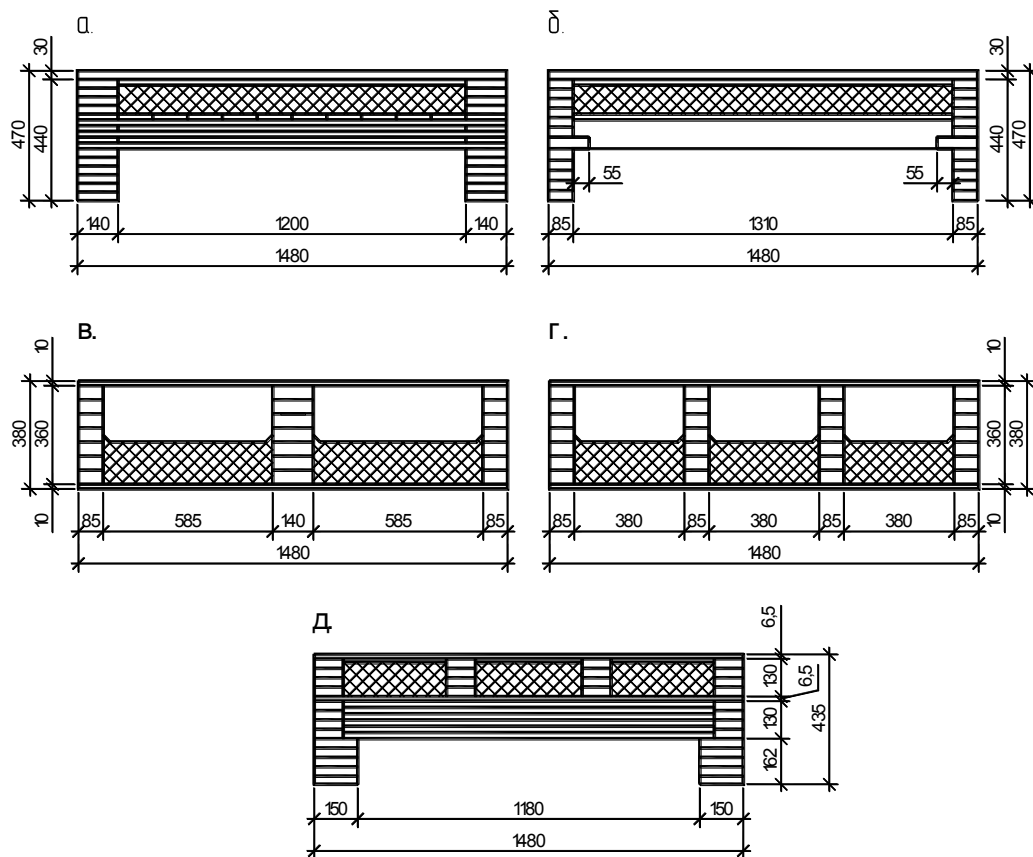


1 – основные ребра; 2 – поперечные ребра; 3, 4 – верхняя и нижняя обшивки; 5 – утеплитель; 6 – рубероидный ковер; 7 – отверстия для вентиляции плиты.

Рисунок 2.3 – Клеефанерная плита длиной на пролет (ЦНИИПромзданий)

Киевским инженерно-строительным институтом разработаны плиты пролетом 12 м. В плитах ДП-12/2 а и ДП-12/2 б (рисунок 4 а, б) в качестве основных несущих элементов использованы два продольных дощатоклееных ребра. Поперечные несущие элементы вклеены в продольные ребра, для чего в них предусмотрены сквозные гнезда. Наружная и внутренняя обшивки выполнены из дощатых щитов, соединенных с ребрами и поперечинами на гвоздях; на внутренней дощатый настил уложен утеплитель. Плитам при изготовлении придают строительный подъем $f_{стр}/L = 1/200 = 60\text{мм}$. В плитах ДП-12/2б поперечины, в отличие от плит ДП-12/2а, оперты на выступы продольных ребер, образованные за счет их уширения. Плиты ДФП-12/3 и ДФП-12/4 (рис.1.6 в, г) представляют собой коробчатую каркасную конструкцию соответственно с тремя и четырьмя продольными ребрами. Обшивки выполнены из фанеры марки ФСФ толщиной 10мм. Сжатая обшивка состыкована «в шип», растянутая – «на ус».

Плита ДФП-12/2 представлена на рисунке 4 д, из которого видно, что ее верхняя часть выполнена как клеефанерная коробчатая конструкция с четырьмя внутренними продольными элементами прямоугольного сечения. Снизу эта конструкция подкреплена приклеенными к ней двумя дощато-клееными ребрами и установленными на их уступы поперечинами.



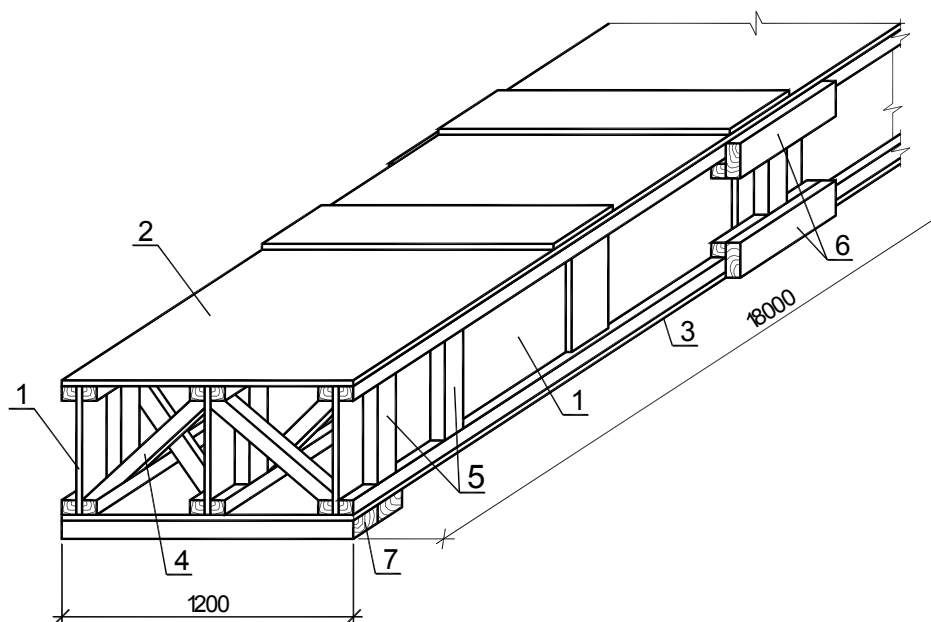
а – плита типа ДП-12/2а; б – плита ДП-12/2б; в – плита ДФП -12/3; г – плита ДФП-12/4; д - плита ДФП-12/2

Рисунок 2.4 – Конструктивные решения плит пролетом 12м
(Киевский ИСИ)

На кафедре строительных конструкций Кишиневского политехнического института проведена серия исследований клефанерных плит большого пролета для покрытий зданий. Разработан и изготовлен опытный образец клефанерной плиты размером 1,2x18м (рисунок 5). Три основных продольных ребра и приклеенные к ним верхняя и нижняя обшивки из фанеры образуют коробчатое поперечное сечение плиты. Утеплитель располагают на нижней обшивке по слою пароизоляции.

Продольные ребра выполнены в виде клефанерных балок двутаврового сечения с поясами из брусков. Стыки фанеры и брусков в поясах ребер осуществлены «впритык» с постановкой накладок. Ребра изготавливали длиной по три метра, стыкование их производили при сборке плиты. Для увеличения устойчивости

ребер внутри плиты через 3м поставлены поперечные связи жесткости в виде перекрестных раскосов. В этих же сечениях для обеспечения устойчивости фанерной стенки предусмотрены и ребра жесткости. В опорных частях усиление стенки осуществлено путем постановки сдвоенных ребер жесткости; опорные подушки выполнены из спаренных брусьев.

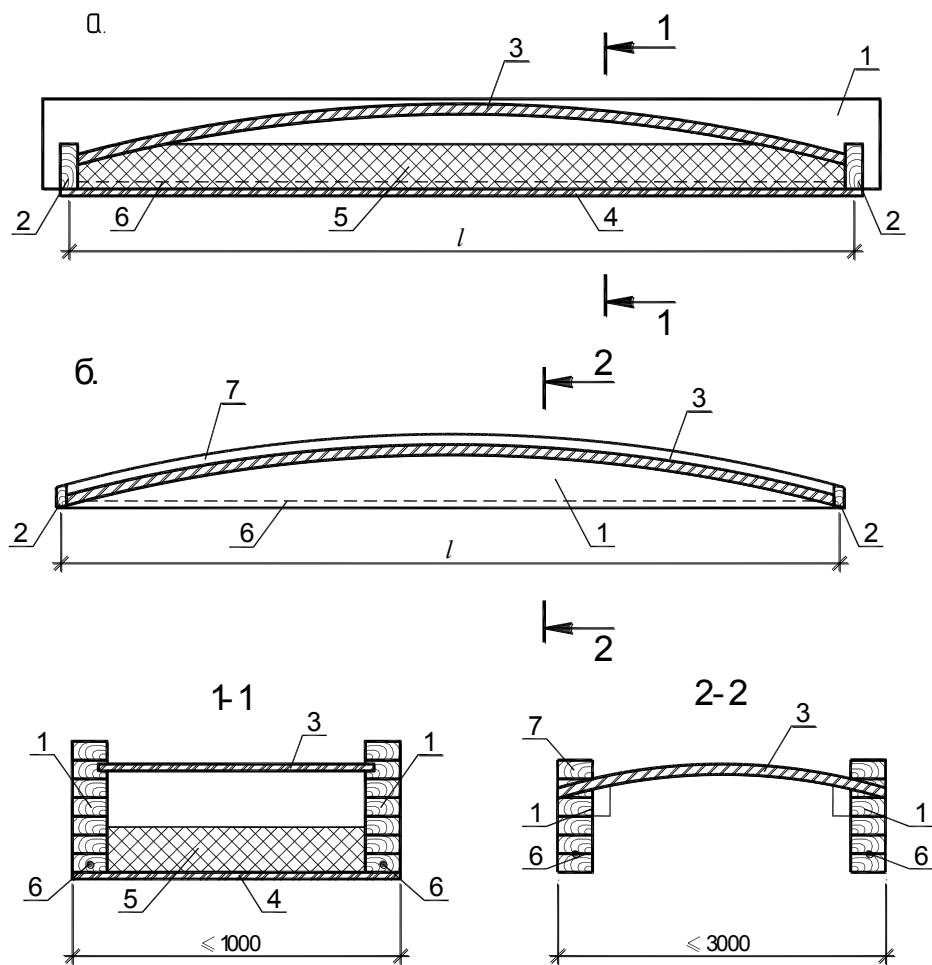


- 1 – продольные ребра; 2 – верхняя фанерная обшивка; 3 – то же, нижняя;
 4 – поперечные связи жесткости; 5 – ребра жесткости;
 6 – стыковые накладки; 7 – опорная подушка из брусков.

Рисунок 2.5 – Клеефанерная плита пролетом 18м (Кишиневский ПИ)

Целиноградским политехническим институтом предложены конструкции плит - оболочек, сочетающих в себе продольные ребра и защемленный в них пологий свод. Вариант, представленный на рисунке 6 а, включает продольные и поперечные ребра, пологий свод одинарной кривизны, жестко защемленный в продольных ребрах и выполненный из фанеры, нижнюю обшивку с уложенным на нее слоем теплоизоляционного материала. Продольные ребра выполнены из клееной древесины и армированы стержнями периодического профиля, заделанными на клею в предварительно выбранные пазы.

По второму варианту конструкция плиты имеет два продольных сегментных ребра, соединенных по концам двумя поперечными опорными ребрами (рисунок 6 б). Ребра, как и в первом варианте, выполнены из армированной клееной древесины. Свод трехслойной конструкции имеет двойную кривизну и приклеен к ребрам, которые по верху свода усилены накладками арочного очертания, поставленными на клею. Плита не имеет нижней обшивки, так как необходимый теплоизоляционный материал расположен между обшивками свода.



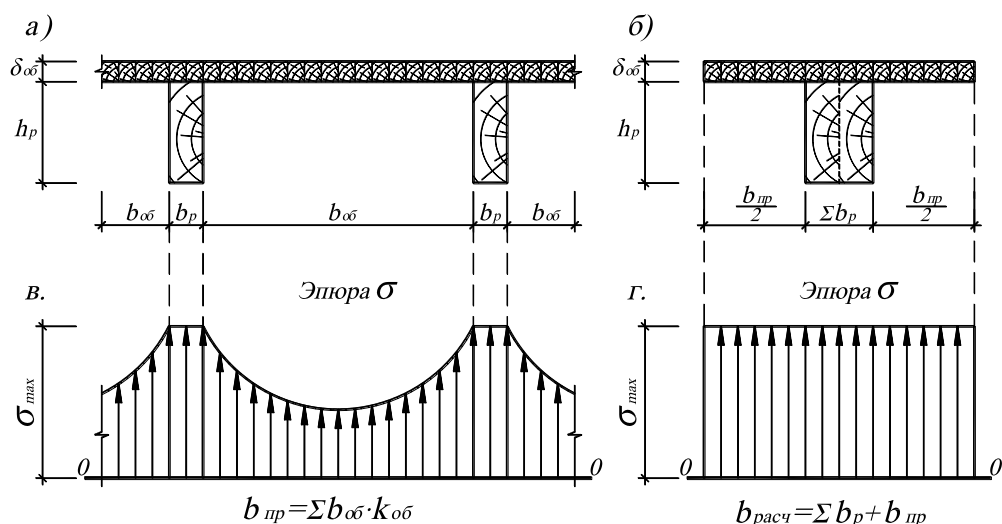
а – со сводом одинарной кривизны из листовых материалов; б – со сводом двойной кривизны из трехслойных плит: 1 – продольные ребра; 2 – поперечные ребра; 3 – пологий свод; 4 – нижняя обшивка; 5 – утеплитель; 6 – арматура; 7 – обрамляющие арки

Рисунок 2.6 – Плиты-оболочки Целиноградского ИСИ

Рассмотренные конструктивные решения ребристых клеефанерных плит имеют как преимущества, вызванные совершенствованием форм и технологий производства, так и недостатки, которые являются следствием усложнения конструкции и её производства. В связи с этим в рамках лабораторной работы и с учетом условий испытательной лаборатории будет испытана ребристая клеефанерная плита П-образного поперечного сечения как на рисунке 1. Поперечные сечения ребер из цельной древесины прямоугольные. Обшивка, приклеиваемая к ребрам принята из фанеры ФСФ сорта В/ВВ. Такая конструкция относительно проста в изготовлении и позволяет с достаточной точностью решить необходимые задачи и по итогу достигнуть поставленной цели лабораторной работы.

3 Основные положения расчета

С достаточной для практических целей точностью ребристые плиты на основе древесины с обшивкой, включенной в общую работу конструкции, можно рассчитывать по балочной схеме как тавровые или двутавровые элементы, полками в которых являются обшивки. Сжимающие напряжения, действующие в полках, имеют максимальные значения у ребер и уменьшаются к середине поля обшивки, при этом, в расчет вводится не конструктивная, а уменьшенная (приведенная) ширина обшивки (рисунок 3.1). Эта ширина определяется с таким расчетом, чтобы при использовании элементарных теорий изгиба и сжатия значения наибольших напряжений для преобразованного и действительного сечений оказались равными.



а - фактическое поперечное сечение панели; б - расчетное поперечное сечение; в - фактическая эпюра распределения нормальных напряжений в обшивке; г - приведенная эпюра нормальных напряжений в обшивке для практического расчета

Рисунок 3.1 – К расчету ребристых панелей по "балочной" схеме

Предварительно необходимо назначить расчетные характеристики древесины в соответствии с СП 64.13330.2017 [4] с учетом условий испытательной лаборатории, геометрических размеров конструкции и используемых материалов.

Расчетное сопротивление древесины сосны, ели и лиственницы европейской, в зависимости от сорта (1, 2 или 3) определяют по п.6.1 и табл.3. В развернутом и общем виде формулу (1) СП 64.13330.2017 можно представить в виде:

$$R = R^A \cdot m_{дл} \cdot m_{п} \cdot m_{в} \cdot m_{т} \cdot m_{б} \cdot m_{0} \cdot m_{а} \cdot m_{сл} \cdot m_{гн} \cdot m_{с.с} \cdot m_{см} / \gamma_{п}, \quad (1)$$

где R^A – базовое расчётное сопротивление древесины по табл. 3;

$m_{дл}$ – коэффициент длительной прочности по табл. 4

$m_{п}$ – коэффициент, учитывающий породу древесины, принимается по табл. 5 в зависимости от вида напряженно-деформированного состояния;

m_b – коэффициент условий эксплуатации, по табл. 9 в зависимости от класса эксплуатации;

m_T – коэффициент, учитывающий температуру эксплуатации, п.6.9(б)

m_b – коэффициент, учитывающий высоту сечения, табл. 10, при высоте менее 50 см равен 1 (изгиб и сжатие), п. 6.9, в;

m_o – коэффициент, учитывающий наличие ослаблений в расчетных сечениях, п. 6.9(г) – растяжение и изгиб круглых лесоматериалов;

m_a – коэффициент учета глубокой пропитки антипиренами под давлением, равен 0,9 по п. 6.9(д);

m_{cl} – коэффициент, учитывающий толщину слоя клееного элемента, табл. 11 (изгиб, скалывание и сжатие вдоль волокон);

$m_{гн}$ – коэффициент для гнутых элементов, табл. 12 в зависимости от вида напряженно-деформированного состояния (сжатие и изгиб или растяжение) и от отношения радиуса кривизны гнутой доски или бруска к толщине гнутой доски в радиальном направлении;

$m_{с.с}$ – коэффициент срока эксплуатации, табл. 13 в зависимости от вида напряженно-деформированного состояния;

$m_{см} = 1,15$ – коэффициент для случая смятия поперек волокон при режимах нагружения Г-К в соответствии с табл. 4. п. 6.9, к;

$\gamma_{п}$ – коэффициент, учитывающий класс ответственности здания, принимается по ГОСТ 27752-2014 [5] «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения».

Далее производится обмер конструкции, результаты которого приводятся в таблице 3.1, и расчет ее геометрических характеристик приведенного сечения. (Таблицу перерисовать в рабочую тетрадь и вписать значения, полученные при проведении обмерных работ)

Таблица 3.1 - Геометрические параметры плиты

Параметр	Обозначение	Значение, см
Длина плиты	$L_{пл}$	
Пролет плиты	l	
Ширина плиты	$b_{пл}$	
Толщина обшивки	$\delta_{ф.о}$	
Высота ребра	h_p	
Ширина ребра	b_p	

Перед расчетом необходимо определить изгибающий момент в середине пролета «М» и максимальная поперечная сила на опоре «Q» в соответствии с расчетной равномерно-распределенной нагрузкой «q» по известным формулам строительной механики.

Конструкцию следует испытывать как плиту, имеющую с одной стороны шарнирно-подвижную, с другой - шарнирно-неподвижную опоры. Расчетная схема представлена на рисунке 3.2

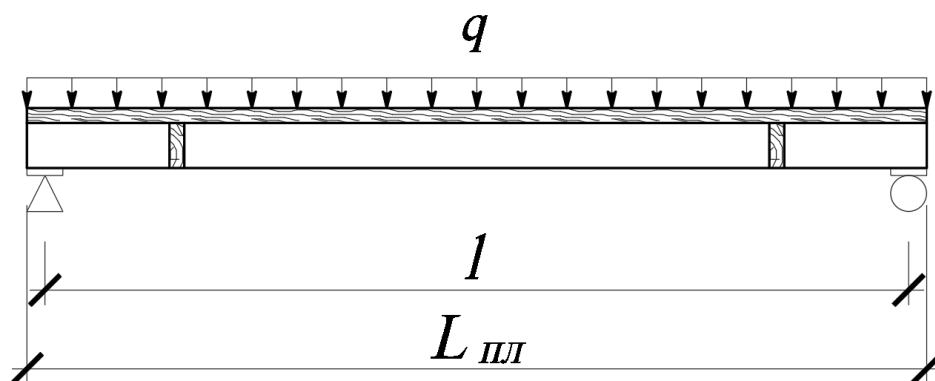


Рисунок 3.2 – Расчетная схема испытываемой ребристой клефанерной плиты

Учитывая неравномерность распределения напряжений по ширине плиты, необходимо уменьшить расчетную ширину фанерной обшивки путем введения в

расстояние между ребрами коэффициента 0,9. Таким образом, приведенная ширина сечения составит:

$$b_{\text{пр}} = 0,9 \cdot b_{\text{пл}}$$

Площадь фанерной обшивки, а также стенки приведенного сечения определяются соответственно по формулам (2) и (3):

$$F_{\text{ф.о}} = \delta_{\text{ф.о}} \cdot b_{\text{пр}}, \quad (2)$$

$$F_{\text{р}} = N_{\text{р}} \cdot b_{\text{р}} \cdot h_{\text{р}}, \quad (3)$$

где $n_{\text{р}}$ – количество ребер.

Приведенная к фанере площадь поперечного сечения плиты определяется по формуле (4):

$$F_{\text{пр}} = F_{\text{ф.о}} + F_{\text{р}} \cdot n, \quad (4)$$

где n – коэффициент, равный отношению модулей упругости древесины $E_{\text{д}}$ и фанеры $E_{\text{ф}}$:

$$n = \frac{E_{\text{д}}}{E_{\text{ф}}} = \frac{10^5}{9 \cdot 10^4} = 1,11$$

Приведенный к фанере статический момент сечения относительно нижней плоскости определяется по формуле (5):

$$S_{\text{ф.пр.}} = F_{\text{ф.о}} \cdot \left(h_{\text{р}} + \frac{\delta_{\text{ф.о}}}{2} \right) + F_{\text{р}} \cdot n \cdot \left(\frac{h_{\text{р}}}{2} \right) \quad (5)$$

Расстояние от нижней грани плиты до нейтральной оси поперечного сечения определяется по формуле (6):

$$y_0 = \frac{S_{\text{ф.пр}}}{F_{\text{ф.пр}}} \quad (6)$$

Приведённый к фанере момент инерции вычисляется по формуле (7):

$$J_{\text{пр}} = J_{\text{ф.о}} + J_p \cdot n = \left[\frac{b_{\text{пр}} \cdot (\delta_{\text{ф.о}})^3}{12} + F_{\text{ф.о}} \left(h_{\text{пл}} - y_0 - \frac{\delta_{\text{ф.о}}}{2} \right)^2 \right] + \left[\frac{(\sum b_p) \cdot (h_p)^3}{12} + F_p \left(y_0 - \frac{h_p}{2} \right)^2 \right] \cdot n, \quad (7)$$

где J_p – момент инерции основных несущих ребер;

$J_{\text{ф.о}}$ – момент инерции верхней фанерной обшивки;

Напряжения в наиболее напряженных сжатых и растянутых точках поперечного сечения $\sigma_{\text{ф.с}}$ и $\sigma_{\text{д.р}}$ определяются по формулам (8) и (9) соответственно и не должны превышать соответствующих расчетных сопротивлений фанеры $R_{\text{ф.с}}$ и древесины растяжению $R_{\text{д.р}}$:

$$\sigma_{\text{ф.с}} = \frac{M}{J_{\text{пр}}} (h_{\text{пл}} - y_0) < R_{\text{ф.с}} \quad (8)$$

$$\sigma_{\text{д.р}} = \frac{M}{J_{\text{пр}}} y_0 \cdot n < R_{\text{д.р}} \quad (9)$$

где M – расчетный изгибающий момент;

$h_{\text{пл}}$ – общая высота поперечного сечения плиты:

При этом сжатая обшивка должна быть проверена на прочность с учетом возможной потери устойчивости по формуле (52) СП 64.13330.2017:

$$\frac{M}{(n \cdot J_p + \varphi_\phi \cdot J_{\phi,в})} (h_{пл} - y_0) \leq R_{\phi,с}$$

где φ_ϕ – коэффициент продольного изгиба, учитывающий возможную потерю устойчивости фанерной обшивки, и определяемый в зависимости от отношения расстояния между ребрами панели в свету «с» к толщине обшивки « δ_ϕ » в соответствии с рекомендациями п.7.28 СП 64.13330.2017.

Проверка скалывающих напряжений производится по клеевому шву между шпонами фанеры по формуле (10):

$$\tau_\phi = \frac{Q_{\max} \cdot S_\phi^{0-0}}{J_{пр} \cdot \sum b_p} \leq R_{\phi,о}^{ск} \quad (10)$$

где S_ϕ^{0-0} – статический момент в полке относительно нейтральной оси, определяемый по формуле (11);

$R_{в,о}^{ск}$ – расчетное сопротивление фанеры скалыванию.

$$S_\phi^{0-0} = F_{\phi о} \left(h_{пл} - y_0 - \frac{\delta_{\phi о}}{2} \right)$$

Прогиб плиты f рассчитывается по формуле (11):

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L_{пл}^3 \cdot l}{E_d \cdot J_{пр}} \quad (11)$$

4 Методика проведения испытания

Для испытаний изготовлена панель П-образного сечения (рисунок 4.1). Изготовление панели проводилось в соответствии с требованиями [5] в следующем порядке:

- заготовка элементов панели (фанерная обшивка, ребра, диафрагмы) согласно рабочим чертежам;
- соединение несущих ребер с диафрагмами жесткости на клеенных стержнях;
- приклеивание фанерной обшивки к основным ребрам конструкции с гвоздевым прижимом.

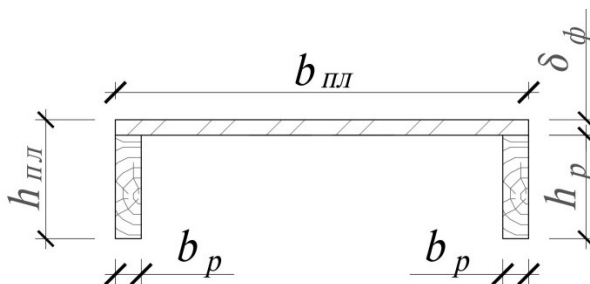


Рисунок 4.1 – П-образное поперечное сечение испытываемой плиты

С учетом фактических размеров поперечных сечений элементов необходимо определить расчетные нагрузки q_1 , q_2 и q_3 исходя из условий 8, 9 и 10, т.е. по расчетной несущей способности плиты, соответственно по формулам 12, 13 и 14 и принять для испытаний наименьшую:

$$q_1 = \frac{8 \cdot R_{ф.с} \cdot J_{пр}}{(h_{пл} - y_0) \cdot l^2} \quad (12)$$

$$q_2 = \frac{8 \cdot R_{д.р} \cdot J_{пр}}{y_0 \cdot n \cdot l^2} \quad (13)$$

$$q_3 = \frac{R_{\phi.o}^{ck} \cdot 2 \cdot J_{пр} \cdot \sum b_p S_{\phi}^{0-0}}{S_{\phi}^{0-0} \cdot l} \quad (14)$$

Принятая наименьшая расчетная равномерно распределенная нагрузка на опытную конструкцию с помощью таррированных грузов.

Панель испытывается в горизонтальном положении как конструкцию, имеющую с одной стороны шарнирно-подвижную, с другой – шарнирно-неподвижную опоры. При этом опорные реакции передаются на ребра через стальные прокладки длиной 60 мм и шириной равной ширине несущих ребер. При расположении обшивки в растянутой зоне поперечного сечения, опорные пластины крепятся непосредственно к обшивке.

Перед испытанием опытную конструкцию необходимо обследовать визуально. Фактические пороки древесины сопоставить с допусками по нормам. Кроме того, проверить качество изготовления конструкций (точность подгонки элементов, наличие или отсутствие повреждений древесины, качество обработки рабочих поверхностей, качество клееных швов и т.д.).

В процессе испытаний контролировать температуру и влажность воздуха в помещении. Испытания панелей проводятся с использованием методики и рекомендаций по испытанию деревянных конструкций [5].

Для получения четкой картины напряженно-деформированного состояния панельной конструкции под нагрузкой при проведении испытаний измеряются основные деформации системы (прогибы панели в середине и третях пролета, осадки опор, изменение длины пролета, прогиб фанерной обшивки относительно продольных ребер, величину расхождений несущих ребер в сечении между диафрагмами) и фибровые деформации элементов. Для определения вышеуказанных деформаций приборы устанавливаются на элементы панельной конструкции согласно рисунку 4.2.

Основные деформации конструкции измеряются механическими приборами: прогибомерами 6ПАО-ЛИСИ и индикаторами часового типа ИЧ-10 с ценой деления шкалы 0,01 мм. Фибровые деформации в элементах конструкции изме-

ряются согласно общепринятой методике [6] с использованием тензорезисторов с базой 20 мм, расположенными на панельной конструкции в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.3. Номинальное сопротивление и коэффициент тензочувствительности тензорезисторов составляют $R = 200 \text{ Ом}$, $\gamma = 2,18$ соответственно. В качестве регистрирующего устройства используется микропроцессорная многоканальная тензометрическая система ММТС-64.01, которая обеспечивает время снятия отсчетов не более 1 секунды.

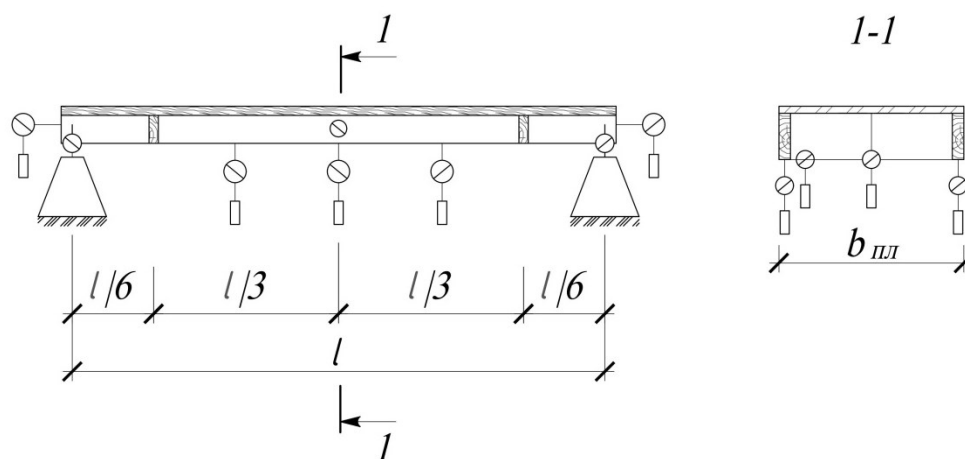


Рисунок 4.2 – Расположение индикаторов часового типа ИЧ-10 установленных на опоре и прогибомеров 6 ПАО-ЛИСИ, установленных в середине и третях пролета

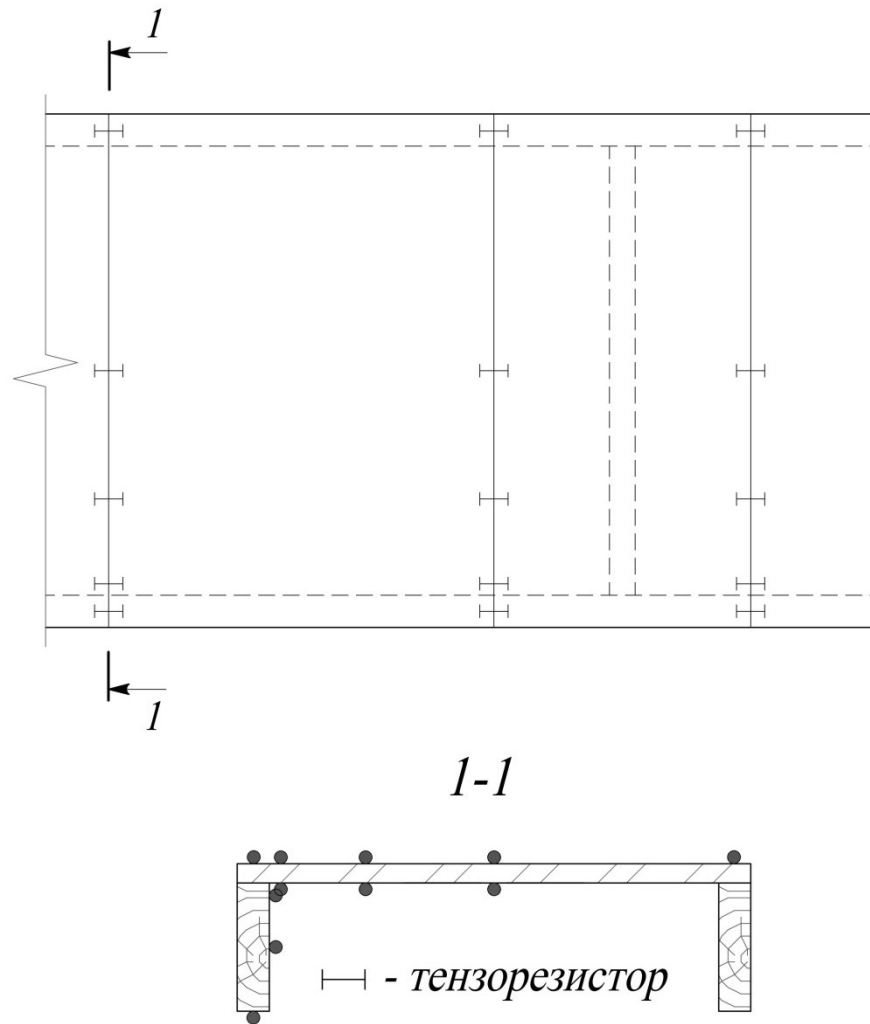


Рисунок 4.3 – Схема размещения тензорезисторов на панельной конструкции

Схема нагружения по ступеням принимается такой, чтобы на каждой ступени грузы имитировали равномерно распределенную нагрузку по площади обшивки. Вес грузов на ступени равный по величине 0,2 от расчетной нагрузки, что соответствует требованиям [6].

Для определения сжимающих и изгибных напряжений, действующих в обшивке, а также определения степени ее включения в общую работу конструкции нагружение панели осуществляется различными сочетаниями нагрузок.

При проведении испытаний соблюдаются следующие условия:

– схема приложения нагрузок на каждой ступени загрузки остается неизменной;

– нагрузки прикладываются ступенями в равные промежутки времени, составляющие 5 минут;

– испытываемую конструкцию выдерживают под нагрузкой одинаковое время, равное 15 минут.

Измерение деформации проводятся:

– непосредственно перед приложением нагрузки;

– тотчас после загрузки.

Продолжительность снятия отсчетов со всех приборов – не более 1 минуты. Отсчеты снимаются в одной последовательности, сначала по середине пролета, затем на опорах. Во время испытаний непрерывно производятся наблюдения за испытываемой конструкцией (появление трещин от скалывания, разрывов волокон и других повреждений).

Все измерения вносятся в журналы, представленные в приложениях А и Б.

5 Обработка результатов испытания

По полученным данным строят графики прогибов и эпюры распределения напряжений в обшивке (рис. 9). Значение фактического максимального прогиба несущих ребер в середине пролета сравнивается с теоритическим значением, и разница вычисляется в процентах.

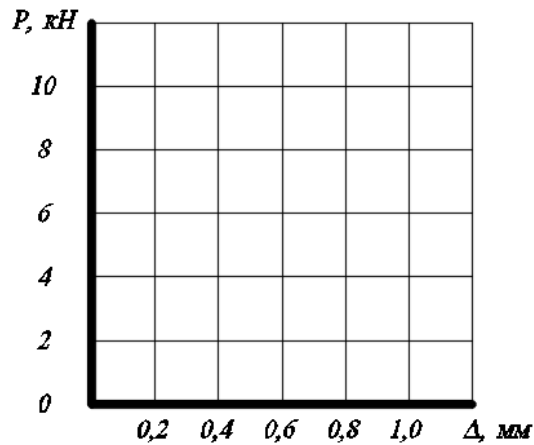


Рисунок 9 – График зависимости между нагрузкой и деформациями

Сравнивают фактические и теоретические величины несущей способности клефанерной плиты при расчётной нагрузке. Отклонения вычисляют в процентах с учетом знака по формуле

$$\frac{T_{\text{деф}} - T_{\text{теор}}}{T_{\text{теор}}} \cdot 100\% ; \quad (5.1)$$

где $T_{\text{деф}}$ – нагрузка, при которой происходит исчерпание несущей способности плиты, кН;

$T_{\text{теор}}$ – расчётная несущая способность с учетом её кратковременного воздействия, равная, кН

$$T_{\text{теор}} = \frac{N}{k_{\text{дл}}} ; \quad (5)$$

N – несущая способность соединения, кН, вычисленная по формуле 1;

$k_{\text{дл}} = 0,66$ – коэффициент длительного сопротивления древесины.

$$\frac{\Delta - \Delta_{\text{теор}}}{\Delta_{\text{теор}}} \cdot 100\% ; \quad (6)$$

где Δ – экспериментальные полные деформации соединения, мм;

$\Delta_{теор}$ – максимальный сдвиг соединяемых элементов, мм, равный

$$\Delta_{теор} = \Delta'_{теор} \cdot k_{дл}; \quad (7)$$

$\Delta'_{теор} = 2$ мм – максимальный сдвиг соединяемых элементов с учетом действия нагрузки.

Коэффициент запаса прочности соединения определяется по формуле

$$k_3 = \frac{T_{разр}}{T_{вр}} \cdot 100\%; \quad (8)$$

где $T_{разр}$ – максимальная нагрузка при разрушении, кН;

После проведённых расчётов оформляется отчёт по лабораторной работе. В отчёте предоставляются:

- цели лабораторной работы;
- схема и фактические размеры соединения;
- расчёт теоретической величины несущей способности плиты;
- схема установки приборов;
- журнал испытания клеёфанерной плиты с фиксированием прогибов;
- график зависимости прогибов от величины нагрузки;
- эпюра напряжений полученных с помощью тензорезисторов;

В заключении по результатам испытания описывается характер работы плиты, а также анализируются сходимость теоретических и фактических величин, при наличии расхождения указываются возможные причины.

6 Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие указания:

- 1) перед проведением работы убедиться в исправном состоянии всех приборов, используемых при испытаниях;
- 2) проверить наличие заземления микропроцессорной многоканальной тензометрической системы ММТС-64.01
- 3) не дотрагиваться до корпуса тензометрической системы во включенном её состоянии;
- 4) не наступать на переходные провода и шлейфы;
- 5) не находиться в зоне плиты во время ее выдержки под нагрузкой.

7 Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Что такое совмещенная панельная конструкция?
2. Что такое фанера?
3. Какие варианты конструктивных решений плит вы знаете?
4. Какие способы соединений обшивки с деревянным каркасом вы знаете?
5. По какой схеме рассчитывается совмещенная ребристая конструкция?
6. Как определяется расчетное соединение древесины?
7. Как определяется несущая способность плиты по нормальным напряжениям?
8. Что такое расчетная нагрузка?
9. Какие пороки древесины вы знаете?
10. Какие деформации измеряются при испытаниях?
11. Каков физический смысл редуцированного коэффициента?

8 Тестовые задания для защиты лабораторной работы

1. Нагель – это:

- а) металлический гвоздь, работающий на выдергивание;
- б) гибкий стержень, пластинка или иной вкладыш, препятствующий сдвигу соединяемых элементов и работающий в основном на изгиб;
- в) основной несущий элемент соединения, работающий на растяжение;
- г) соединение, выполненное на гвоздях.

2. Особенностью соединения стального профилированного листа с деревянным каркасом с помощью стальных пластинок, приваренных к вклеенному арматурному стержню, является:

- а) высокая несущая способность соединения;
- б) высокая податливость соединения;
- в) высокая жесткость соединения;
- г) у соединения нет отличительных особенностей.

3. Наиболее распространёнными соединениями стального профилированного листа с деревянным каркасом является

- а) соединения, выполненные с помощью стальных пластинок, приваренных к вклеенному в древесину арматурному стержню;
- б) соединения, выполненные с помощью дюбель-гвоздей, объединённых общей шайбой;
- в) соединения, выполненные на гвоздях, самонарезающих винтах и дюбель-гвоздях;

г) все соединения имеют равную применимость как в России, так и в странах зарубежья.

4. В соединении, выполненном с помощью забивки одним выстрелом нескольких дюбелей, объединённых общей шайбой, увеличивается

- а) несущая способность дюбелей;
- б) расчётное сопротивление древесины сжатию;
- в) расчётное сопротивление профнастила растяжению;
- г) стоимость соединения.

5. Габаритные размеры шайб определяются

- а) только количеством дюбелей;
- б) только требованиями по расстановке гвоздей;
- в) количеством дюбелей и требованиями по расстановке гвоздей;
- г) несущей способностью соединения.

6. По способу передачи усилий соединения элементов деревянных конструкций со стальным листом разделяют на следующие виды:

- а) соединения на механических связях, клеях и контактные соединения;
- б) симметричные и несимметричные;
- в) соединения на шпонках, нагелях, болтах;
- г) лобовой упор, лобовая врубка и врубка с подушкой.

7. Расчетная несущая способность из условия смятия винтов, дюбелей и проволочных гвоздей определяют по формуле

а) $\Delta_{теор} = \Delta_{теор} \cdot k_{дл}$;

б) $T_{ов} = K \cdot R_{fp} \cdot d \cdot a \cdot \gamma_c$;

в) $N = 2[T_{зв}] \cdot n_{ш} \cdot n_{зв}$, (кН);

г) $T_{теор} = \frac{T_{зр}}{k_{дл}}$.

8. Коэффициент $k_{дл}$ – это

- а) коэффициент, учитывающий разномодульность материалов соединения;
- б) коэффициент, учитывающий влажность древесины;
- в) коэффициент, учитывающий резкое нарастание деформаций при разрушении;
- г) коэффициент длительного сопротивления древесины.

9. По кривой графика зависимости между упругими и остаточными деформациями можно определить

- а) фактическую нагрузку, при которой происходит исчерпание несущей способности соединения;
- б) расчётную несущую способность соединения;
- в) максимальный сдвиг соединяемых элементов относительно друг друга;
- г) временную несущую способность нагелей.

10. Для древесины второго и третьего сорта общий диаметр сучков не должен превышать

- а) половины пласти;
- б) четверти пласти;
- в) соответственно трети и половины пласти;
- г) соответственно трети и четверти пласти.

11. Для древесины второго и третьего сорта наклон волокон не должен превышать

- а) 10 %;
- б) 12 %;
- в) соответственно 10 и 12 %;
- г) соответственно 12 и 14 %.

12. При проведении испытания лесоматериал необходимо выдерживать в помещении с температурой

- а) $t = 18 \pm 2$ °С;
- б) $t = 20 \pm 2$ °С;
- в) $t = 22 \pm 2$ °С;
- г) $t = 24 \pm 2$ °С.

13. Годовые слои в конструктивной древесине должны быть не шире

- а) 3 мм;
- б) 4 мм;
- в) 5 мм;
- г) 6 мм.

14. Величина стандартной влажности древесины составляет

- а) 10 %;
- б) 12 %;
- в) 16 %;
- г) 20 %.

15. Остаточные деформации определяются как

- а) отношение нагрузки к упругим деформациям, соответствующим этой нагрузке;
- б) отношение полных деформаций к упругим;
- в) сумма полных и упругих деформаций;
- г) разность полных и упругих деформаций.

16. Анализ работы соединения стального профилированного листа с деревянным элементом показывает, что в нём происходит сложное напряженное состояние, которое характеризуется:

- а) изгибом нагеля и раскалыванием древесины;
- б) смятием древесины нагельного гнезда;
- в) скалыванием древесины между нагелями;
- г) все ответы верны.

17. Несущая способность по скалыванию и раскалыванию древесины зависит от

- а) расстоянию между нагелями;
- б) несущей способности нагеля;
- в) количества нагелей в соединении;
- г) нет правильного ответа.

18. Упругие деформации – это

- а) сумма линейной и угловой деформации;
- б) деформации, исчезающие после прекращения действий на тело внешних сил;

в) это та часть полной деформации, которая остается в теле после снятия внешних нагрузок;

г) отношение линейной и угловой деформации.

19. Величина стандартной влажности древесины может быть определена с помощью весового способа – взвешивания контрольных образцов до и после сушки в сушильном шкафу при

а) $t = 95 \div 100$ °С;

б) $t = 100 \div 105$ °С;

в) $t = 105 \div 110$ °С;

г) $t = 110 \div 115$ °С.

20. Прибор для определения стандартной влажности древесины называется

а) перометром;

б) тензодатчиком;

в) тензорезистором;

г) электровлагомером.

Список использованных источников

- 1 Дмитриев П.А. Конструкции из дерева и пластмасс. Специальный курс / П.А. Дмитриев // Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ», 2002. – 192 с.
- 2 Э.В. Филимонов, М.М. Гаппоев, И.М. Гуськов. Конструкции из дерева и пластмасс. Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2016, – 435 с.
- 3 Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1980. – 40 с.
- 4 СП64.13330.2017 Деревянные конструкции (Актуализированная редакция СНиП II-25-80), 2017. – 30 с.
- 5 ГОСТ 27752-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – Введ. 2015.07.01. – М.:Стандартинформ, 2019. – 15 с.
- 6 ГОСТ 8486-86*. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия. – Введ. 1988.01.01. – М.: ИПК изд-во стандартов, 2000. – 14 с.

Приложение А

(обязательное)

Таблица А.1 – Результаты замера плиты

Параметр	Обозначение	Значение, см
Длина плиты	$L_{пл}$	
Пролет плиты	l	
Ширина плиты	$b_{пл}$	
Толщина обшивки	$\delta_{ф.о}$	
Высота ребра	h_p	
Ширина ребра	b_p	

Таблица А.2 – Журнал испытания плиты

№ загрузки	Нагрузка, Р кгс	И-1		И-2		И-3		И-4	
		отсчет	Δ_1	отсчет	Δ_2	отсчет	Δ_3	отсчет	Δ_4
1									
2									
3									
4									

Приложение Б

График Б.1 – Результаты тензометрирования

