

Сборно-разборные фанерные несущие элементы для быстровозводимых зданий и сооружений

Виктор Иванович ЖАДАНОВ¹, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительных конструкций, organ-2003@bk.ru

Сергей Вячеславович ЛИСОВ¹, старший преподаватель, lisovsv@mail.ru

Алексей Юрьевич НОВИНЬКОВ², директор ПКФ «Оптим-Эксперт», 02rusich@mail.ru

¹ Оренбургский государственный университет, 460018 Оренбург, просп. Победы, 13

² ПКФ «Оптим-Эксперт», 453256 Республика Башкортостан, г. Салават, ул. Нуриманова, 6

Аннотация. Обоснована актуальность применения в строительной практике несущих элементов, выполненных полностью из фанерных листов. Приведены примеры разработанных конструкций для быстровозводимых зданий и сооружений. Предложенные решения реализованы без использования клеевых соединений, что обеспечило их сборно-разборность и удобство доставки к месту строительства. Для сопряжений стенок и поясов балочных конструкций применены соединения типа «шип—паз» с фиксацией элементов в проектной позиции при помощи фанерных штифтов. Плотность всех соединений обеспечена благодаря изготовлению составных элементов опытных конструкций на станках с числовым программным управлением. Доказана необходимая степень прочности и жесткости разработанных несущих элементов путем проведения испытаний на поперечный изгиб опытных конструкций при кратковременных нагрузках. Оценена надежность испытанных балок при длительном действии нагрузок с учетом продолжительности приведенного времени испытаний. Определено, что предложенный тип соединения стенок и поясов «шип—паз» обеспечивает участие поясов в общей работе конструкции, причем это участие необходимо учитывать соответствующими коэффициентами податливости при расчете на прочность и жесткость. Рассмотрены примеры малоэтажных быстровозводимых объектов, построенных с применением предложенных типов сборно-разборных конструкций.

Ключевые слова: быстровозводимые здания, сборно-разборное строительство, несущая конструкция, фанерная балка, стенка, пояс, соединение, эксперимент

Для цитирования: Жаданов В. И., Лисов С. В., Новиньков А. Ю. Сборно-разборные фанерные несущие элементы для быстровозводимых зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2024. № 5. С. ?? — ?? doi: 10.33622/0869-7019.2024.05.??-??

COLLAPSIBLE PLYWOOD BEARING ELEMENTS FOR PREFABRICATED CONSTRUCTION

Viktor I. ZHADANOV¹, organ-2003@bk.ru

Sergey V. LISOV¹, lisovsv@mail.ru

Alexey Yu. NOVINKOV², 02rusich@mail.ru

¹ Orenburg State University, prosp. Pobedy, 13, Orenburg 460018, Russian Federation

² PCF "Optima-Expert", ul. Nurimanova, 6, Republic of Bashkortostan, Salavat 453256, Russian Federation

Abstract. The relevance of the use of non-existent elements made entirely of plywood sheets in construction practice is substantiated. Examples of the developed structures for prefabricated buildings and structures are given. The proposed solutions were implemented without the use of adhesive joints, which ensured their collapsibility and ease of delivery to the construction site. For the joints of the walls and belts of girder structures, "spike-groove" type joints were used with the fixation of elements in the design position using plywood wedges. The density of all connections is ensured by manufacturing the components of experimental structures on numerically controlled machines. The necessary degree of strength and rigidity of the developed load-bearing elements has been proved by conducting transverse bending tests of experimental structures under short-term loads. The reliability of the tested beams under prolonged action of loads is estimated, taking into account the duration of the specified test time. It is determined that the proposed type of connection of walls and belts "spike-groove" ensures the participation of belts in the overall work of the structure, while this participation must be taken into account by appropriate compliance coefficients when calculating strength and stiffness. Examples of low-rise prefabricated buildings implemented using the proposed types of collapsible structures are considered.

Keywords: prefabricated construction, collapsible, load-bearing structure, plywood beam, wall, belt, connection, experiment

For citation: Zhadanov V. I., Lisov S. V., Novinkov A. Yu. Collapsible plywood bearing elements for prefabricated construction. *Proyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2024, no. 5, pp. ?? — ?? (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2024.05.??-??

Введение

В строительной практике используется, как правило, водостойкая фанера марки ФСФ. Благодаря своей многофункциональности и относительно невысокой стоимости, она широко применяется для различных несущих и ограждающих конструкций, в том числе для клефанерных плит и балок покрытия, самонесущих стеновых панелей, оснований при устройстве пола на перекрытиях и т. п. [1–3]. Фанерные листы обычно сочетаются с деревянным каркасом, к которому их крепят при помощи различных механических связей (гвозди, винты, шурупы, саморезы) или клея. При этом в случае применения клеевых соединений фанера вовлекается в общую работу несущей конструкции, увеличивая тем самым геометрические характеристики ее расчетных поперечных сечений [4–7].

Следует отметить, что в сравнении с древесиной, в соответствии с СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции», фанера имеет более высокие расчетные сопротивления, однако в известных типах клефанерных конструкций основную долю эксплуатационных нагрузок воспринимает древесина, а водостойкая фанера марки ФСФ выполняет, как правило, второстепенную функцию. Например, в клефанерных балках плоская или волнистая фанерные стенки обеспечивают концентрацию древесины в поясах, т. е. в самых напряженных зонах поперечных сечений. В плитах покрытия в роли главных несущих элементов выступают деревянные ребра, а верхняя и нижняя фанерные обшивки служат основанием для приклейки гидроизоляционного ковра и размещения утепляющих слоев [8–11]. В связи с этим представляется целесообразной разработка новых типов несущих конструкций, в которых физико-ме-

ханические характеристики фанерных листов будут использоваться более эффективно.

По гипотезе авторов, достичь этого возможно путем применения в строительной практике несущих элементов, выполненных полностью из фанеры. Также при разработке таких конструкций необходимо предусмотреть их сборно-разборность и удобство доставки к месту строительства, что несомненно обеспечит повышение их технико-экономических показателей. В связи с этим авторы предприняли попытку создать фанерные несущие балочные элементы, способные обеспечить быстроту возведения строящихся объектов и, при необходимости, их сборно-разборность. Особенностью разработанных конструкций явилось то, что все их составные фанерные элементы изготавливают на станках с числовым программным управлением (ЧПУ).

Цель данного исследования — опытно-конструкторская разработка сборно-разборных фанерных несущих элементов для быстровозводимых объектов с экспериментальной проверкой их эксплуатационной надежности.

В рамках реализации поставленной цели в Оренбургском государственном университете совместно с фирмой ПКФ «Оптим-Эксперт» (Республика Башкортостан, г. Салават) предложен номенклатурный ряд балочных конструкций, в состав которых входят фанерные пояса и фанерные стенки [12, 13]. Как базовый элемент можно рассматривать предложенную двутавровую конструкцию, в которой пояс и стенка соединены между собой при помощи шипов и соответствующих прорезей (рис. 1).

Плотность всех сопряжений типа «шип-паз» обеспечена благодаря изготовлению составных элементов опытных конструкций на станках с ЧПУ. В состав тех-

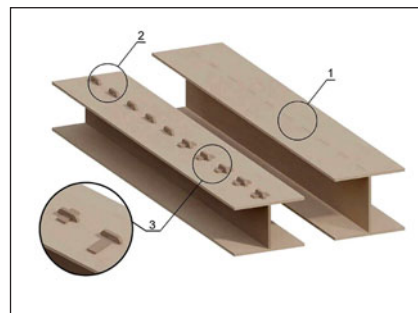


Рис. 1. Двутавровые балки из фанерных листов с соединением элементов закрытым (1) или открытым (2) шипом с фиксацией листов плоским штифтом (3)

нологического процесса входят: задание в стандартной компьютерной программе, разработанной для соответствующих станков с ЧПУ, исходных параметров элементов изготавливаемой балки в виде геометрических размеров стенки и поясов, размеров шипов, прорезей и т. п.; фрезерование фанерных листов; складирование подготовленных листов в отправочные транспортные пакеты. Для удобства транспортировки и обеспечения сохранности граней балки при фрезеровке отдельных деталей по линии резки оставляют дискретные перемычки шириной 1 мм с шагом 150–250 мм (в зависимости от размера детали). Такой прием позволяет транспортировать к месту строительства цельные стандартные фанерные листы и уже непосредственно на строительной площадке легко вычленять из них отдельные детали при помощи электролобзика или обычной ножовки. После этого сборка одной конструкции без применения какого-либо специализированного оборудования занимает не более 10 минут.

Идея применения фанерных балок без клеевых соединений на основе сопряжений типа «шип-паз» была использована также при опытно-конструкторских разработках фанерных балок коробчатого поперечного сечения. При этом в зависимости от действующей

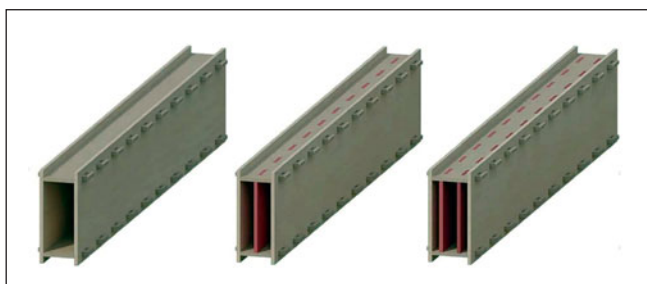


Рис. 2. Варианты сечений сборно-разборных фанерных балок коробчатого поперечного сечения

1. Основные параметры опытных конструкций балок

Габаритные размеры ($L \times H \times B$), мм.	1500×300×150
Расстояние между осями поясов, мм	250
Расчетный пролет, мм	1450
Размеры шипов ($l \times h \times \varnothing$), мм.	70×20×10
Тип фанеры	ФСФ В/ВВ
Толщина фанеры, мм	10
Тип опор	шарнирные

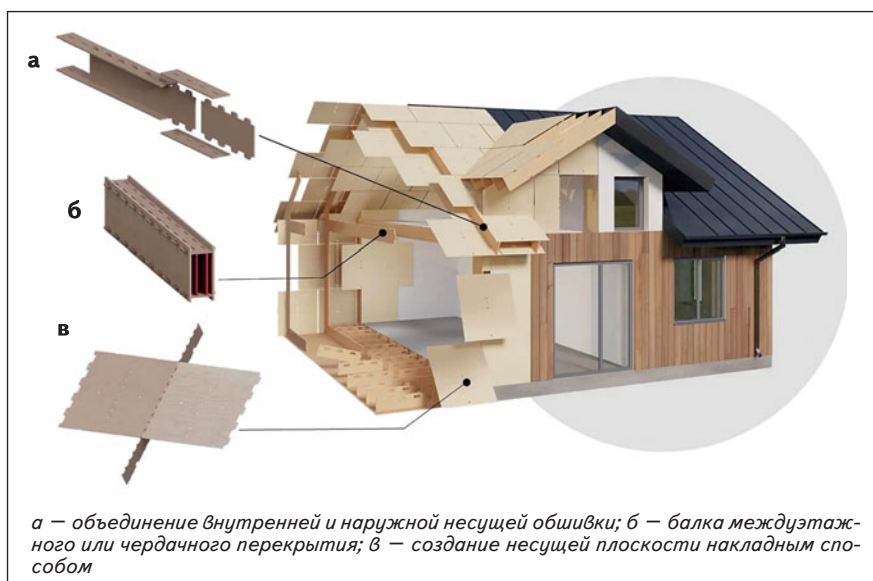


Рис. 3. Малоэтажные здания на основе разработанных фанерных элементов

щих нагрузок в конструкции балки можно легко предусматривать две, три или даже четыре стенки с применением как открытых, так и закрытых типов соединений «шип—паз» (рис. 2).

Предложенные конструкции обладают существенными преимуществами перед традиционными типами клефанерных балок, в частности:

- низкой трудоемкостью изготовления, транспортировки и монтажа;
- малой массой конструкции, что делает возможным монтаж с применением легких грузоподъемных механизмов или даже вручную;
- легкостью и быстротой сборки в условиях строительной площадки;

- огне- и биозащитой конструкций на этапе производства;
- возможностью использования предлагаемой технологии для изготовления практически всех основных несущих конструкций в малоэтажном строительстве, таких как элементы совмещенной крыши, междуэтажные и чердачные перекрытия, конструктивные элементы стен (рис. 3).

Материалы и методы исследования

Для подтверждения технической возможности применения разработанных сборно-разборных фанерных элементов в строительстве, а также их эксплуатационной надежности проведены испытания опытных балок, изготовленных по однотипному тех-

нологическому регламенту в соответствии с рекомендациями [14]. С целью оценки стабильности и качества изготовления для проведения эксперимента подготовлены три одинаковые балки. В задачи испытания входила оценка влияния бесклеевых механических соединений на напряженно-деформированное состояние конструкции, а также поведения опытных балок при действии возрастающих нагрузок вплоть до момента разрушения. Кроме того, по значениям разрушающих нагрузок была проведена оценка эксплуатационной надежности (коэффициента безопасности) испытанных образцов при действии длительных нагрузок в соответствии с ГОСТ Р 57790—2017 «Конструкции деревянные несущие. Методы испытаний на прочность и деформативность». Основные параметры опытных конструкций приведены в табл. 1.

Схема приложения нагрузки с расстановкой измерительных приборов показана на рис. 4.

Испытания проведены на силовом стенде с приложением нагрузки в третях пролета ступенями, равными $\approx 0,1$ от расчетной нагрузки. Теоретическое значение расчетной нагрузки P_p на опытную конструкцию было определено из условия работы на поперечный изгиб фанерных стенок с учетом полноценного включения в общую работу балки поясов и составило $P_p = 30$ кН.

Для получения объективных

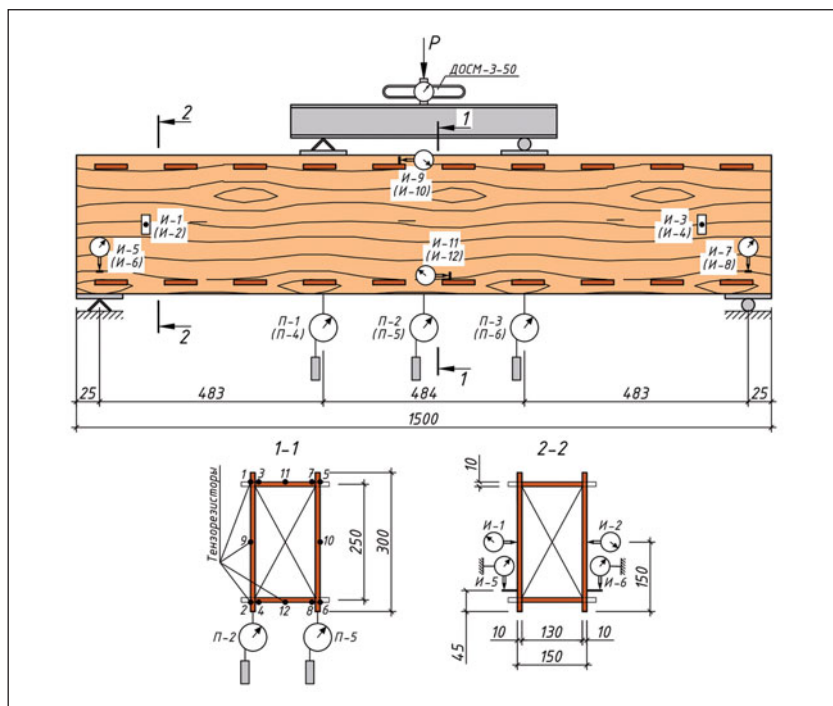


Рис. 4. Схема фанерной балки с измерительными приборами для проведения испытаний

2. Нормальные напряжения в характерных точках расположения тензорезисторов в середине пролета балки («-» — сжатие; «+» — растяжение)

Нагрузка, P , кН	Напряжения в точках расположения тензорезисторов, МПа							
	т. 1	т. 2	т. 3	т. 4	т. 5	т. 6	т. 7	т. 8
6	-2,31	2,19	-1,55	1,46	-2,28	2,16	-1,53	1,61
12	-4,66	4,36	-3,05	2,94	-4,71	4,32	-3,16	3,16
18	-6,91	6,48	-4,62	4,46	-6,81	6,38	-4,68	4,69
24	-8,94	8,55	-6,22	5,96	-8,97	8,34	-6,35	6,22
30	-11,44	10,47	-8,06	7,64	-11,26	10,32	-8,03	7,63
36	-13,56	12,53	-9,76	9,02	-13,61	12,46	-9,71	9,28
42	-15,99	14,64	-11,7	10,74	-16,06	14,52	-11,46	10,95
48	-18,35	17,07	-13,44	12,84	-18,40	16,78	-13,14	12,64

Примечание. Расположение тензорезисторов по номерам приведено на рис. 4.

результатов по фактической прочности и жесткости предложенного типа балок, при помощи механических приборов в процессе испытаний контролировали:

- прогибы балок в характерных сечениях — прогибомерами БПАО-ЛИСИ, П-1...П-6 (см. рис. 4);
- деформации фанерных стенок из плоскости (И-1..И-4) и осадки

опор (И-5...И-8) — индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм;

- смещение шипов верхнего и нижнего поясов относительно фанерных листов стенок (И-9...И-12) — индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм.

Характер распределения нормальных напряжений в стенках и



Рис. 5. Испытание балки

поясах в наиболее напряженном сечении в середине пролета балки оценивали путем измерения фибровых деформаций, для чего были применены пленочные тензорезисторы типа ПКС-12-200 (с базой 12 мм) с константовыми проводниками, соединенные с многоканальной микропроцессорной тензометрической системой ММТС-64.01. Эта микропроцессорная система обеспечивала передачу данных с тензорезисторов на компьютер с последующей обработкой данных и выдачей результатов в виде напряжений, определенных с учетом фактических значений модулей упругости фанеры вдоль и поперек волокон наружных слоев (9000 и 6000 МПа по результатам испытаний стандартных фанерных образцов).

На каждой из трех испытанных балок было установлено шесть прогибомеров, восемь индикаторов с ценой деления 0,01 мм, четыре индикатора с ценой деления 0,001 мм, 12 тензорезисторов. Проведение испытаний балки показано на рис. 5.

Основные результаты испытаний и их анализ

Испытания трех балок проведены ступенчато, возрастающими кратковременными нагрузками до разрушения. В связи с тем, что разница в полученных данных по трем балкам находилась в пределах $\pm 6\%$, далее приведен анализ результатов, получен-

ных как среднеарифметические значения для испытанных балок и для дублирующих механических приборов и тензорезисторов.

В результате испытаний на каждой ступени загрузки были определены напряжения в точках расположения тензорезисторов. Характерные результаты приведены в *табл. 2*.

Анализируя данные *табл. 2*, отметим, что характер распределения напряжений в левой и правой стенках, а также в верхнем и нижнем поясах балки был полностью идентичным и в целом соответствовал элементарной теории поперечного изгиба. Во всех контролируемых точках рост напряжений происходил практически пропорционально росту нагрузки, что можно расценивать как факт упругого характера деформирования балки до нагрузки $1,5P_p$.

Максимальные нормальные напряжения по линии установки тензорезисторов при расчетной нагрузке $P_p = 30$ кН в сжатой и растянутой зонах составили 11,44 и 10,47 МПа соответственно. В этих же сечениях максимальные нормальные напряжения в полках были равны: при сжатии — 8,06 МПа, при растяжении — 7,64 МПа.

Фактическая эпюра распределения нормальных напряжений в стенках имеет прямолинейное треугольное очертание, что соответствует элементарной теории изгиба. Для этого случая можно определить значения напряжений в крайних волокнах стенки, которые составили: в сжатой зоне — 13,13 МПа, в растянутой — 12,16 МПа. Также данные *табл. 2* показывают, что фанерные стенки полностью участвуют в работе балки. Однако в поясах в одних и тех же сечениях выявлено уменьшение напряжения в среднем на 28 % по сравнению с напряжением в стенках. При этом такое уменьшение сохраня-

ется по всем ступеням загрузки как в растянутой, так и в сжатой зонах. Это говорит о снижении эффективности участия поясов в общей работе балки. Данный факт можно объяснить наличием частичной податливости шиповых соединений стенки с поясами. В этом случае представляется логичным при определении геометрических характеристик расчетных поперечных сечений балки долю участия поясов учитывать введением в расчет снижающих коэффициентов, учитывающих эту податливость.

Например, выполняя расчет балки по нормальным напряжениям по формуле

$$\sigma = \frac{M_x}{J_6} 0,5H \leq R_{ф.из}, \quad (1)$$

момент инерции поперечного сечения J_6 следует определять по формуле

$$J_6 = J_{ст} + J_{п} + k_w, \quad (2)$$

где $J_{ст}$ — момент инерции стенок; $J_{п}$ — момент инерции поясов; k_w — коэффициент, учитывающий податливость соединений поясов со стенками.

Для рассматриваемой балки коэффициент k_w будет равен 0,72, т. е. пояса участвуют в восприятии внешних нагрузок на 72 % по сравнению с вариантом, при котором соединения стенки с поясами были бы жесткими (например, с использованием клея). Такой подход соответствует нормативной методике расчета изгибаемых деревянных балок составного поперечного сечения, изложенной в СП 64.13330.2017 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции». Тогда, выполнив расчет опытной балки с учетом коэффициента податливости, получим откорректированное значение расчетной нагрузки $P_p = 25$ кН вместо ранее определенного значения $P_p = 30$ кН.

Не вызывает сомнения тот факт, что при изменении пролета балки и количества фанерных

листов стенок коэффициент податливости k_w также будет меняться. Для его определения при разработке инженерной методики расчета рассматриваемого класса конструкций потребуются дополнительные экспериментальные работы.

К значимым результатам проведенных испытаний следует отнести подтверждение устойчивости фанерных стенок и пропорциональное нарастание деформаций сдвига в соединениях стенок с шипами поясов. В контролируемых точках, расположенных на стенках в середине высоты поперечного сечения на расстоянии, равном половине высоты балки от опор, максимальная горизонтальная деформация составила 0,08 мм, или 1/125 толщины стенки при расчетной нагрузке, причем нарастание деформаций происходило строго пропорционально росту нагрузки. Этот факт свидетельствует об устойчивости фанерных стенок в пределах расчетных нагрузок.

Также пропорционально ступеням увеличения нагрузки наблюдался рост сдвига в шиповых соединениях стенок и поясов, как в верхней сжатой зоне, так и в зоне стенки, работающей на растяжение. Сдвиг при расчетной нагрузке $P_p = 30$ кН составил 0,121 и 0,149 мм в нижней растянутой и в верхней сжатой зонах соответственно. Полученные сдвиговые деформации необходимо учитывать при разработке инженерной методики расчета предложенного типа конструкций.

Об упругом характере работы балки на всех ступенях загрузки, вплоть до достижения нагрузки $1,5P_p$ (при этой нагрузке механические приборы были сняты с испытываемой конструкции в целях их сохранности), свидетельствует и характер ее деформирования (*рис. 6*).

Отметим, что в ходе проведе-

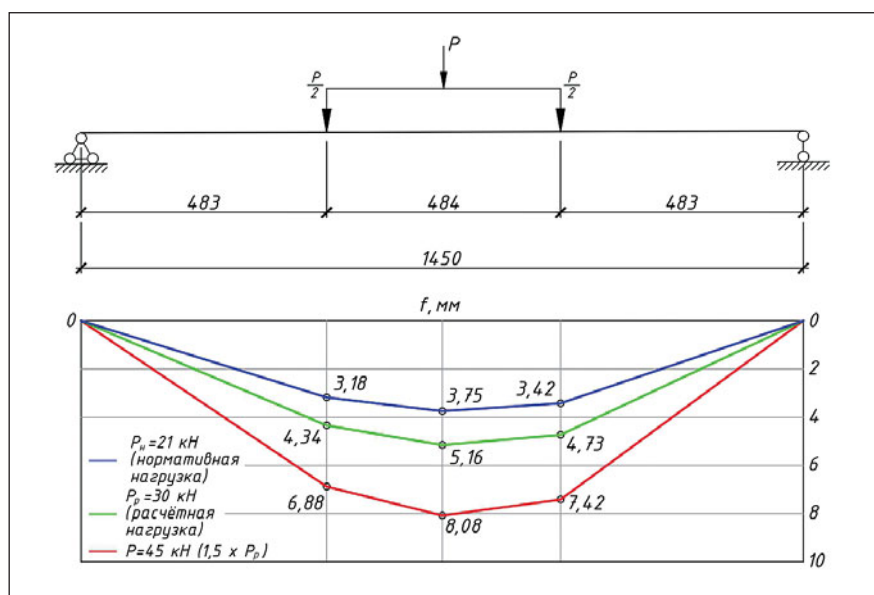


Рис. 6. Графики прогибов балки в середине и третях пролета при характерных ступенях загрузки (P_n и P_p — нормативная и расчетная нагрузки)

ния экспериментов у всех трех балок прогибы как в третях, так и в середине пролета нарастали пропорционально росту нагрузки. Определяя фактические значения прогибов с учетом осадок опор, получили следующие максимальные значения в середине пролета:

- при нормативном значении нагрузки, принятом условно как 0,7 от расчетной нагрузки ($P_n = 21$ кН) — 3,75 мм, или $1/387$ расчетного пролета L ;
- при расчетном значении нагрузки ($P_p = 30$ кН) — 5,16 мм, или $1/281L$;
- при нагрузке, превышающей расчетную в 1,5 раза ($P = 45$ кН), — 8,08 мм, или $1/180L$.

Полученные значения прогибов подтвердили достаточную жесткость предложенной конструктивной формы балки при отношении пролета балки L к ее высоте H , равном $1500/300 = 5$. Кроме того, практически трехкратный запас по жесткости при нормативной нагрузке ($1/387L$ при допустимом значении $1/128L$ в соответствии с требованиями табл. Д1 СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия») доказывает воз-

можность при конструировании балок из фанерных листов принимать соотношение L/H меньше, например, в диапазоне $1/7...1/9$ расчетного пролета.

Отметим, что по аналогии с расчетом на прочность при расчете рассматриваемых балок по жесткости также необходимо учитывать снижающий коэффициент $k_{ж}$, на который нужно умножать момент инерции поперечного сечения, определенный как для коробчатой балки с жестким соединением стенок и поясов. Для испытанных балок значение этого коэффициента при условии равенства теоретического и фактического прогибов составило 0,77. Несомненно, что конкретные рекомендации инженерам-проектировщикам могут быть сформулированы только лишь после серии испытаний балок различных пролетов, в том числе при длительном действии нормативных нагрузок.

Опытные балки в количестве трех штук были доведены до разрушения. Процесс разрушения был хрупким и начался с разрыва волокон фанерного листа одной из стенок в растянутой зо-

не поперечного сечения по линии приложения нагрузки на расстоянии примерно $1/3L$ от опоры. В дальнейшем произошел полный разрыв стенок и затем полок в этом же поперечном сечении. Значения разрушающих нагрузок для испытанных балок составили 55, 57 и 60 кН. Средняя разрушающая кратковременная нагрузка $P_{разр} = 57,3$ кН в 1,91 раза превышает расчетное значение ($P_p = 30$ кН), определенное с учетом полноценного включения в общую работу балки поясов, и в 2,29 раза превышает расчетное значение ($P_p = 25$ кН), соответствующее фактической работе балки с учетом податливости шиповых соединений стенок с поясами, когда расчетная несущая способность была определена с учетом формул (1) и (2).

С учетом откорректированного значения расчетной нагрузки ($P_p = 25$ кН) проверим эксплуатационную надежность предложенных фанерных балок при длительном действии нагрузок в соответствии с рекомендациями п. 9 ГОСТ Р 57790—2017 «Конструкции деревянные несущие. Методы испытаний на прочность и деформативность» путем сравнения значений фактического и требуемого коэффициентов безопасности при хрупком характере разрушения.

Фактический коэффициент безопасности $K_{факт}$, равный отношению разрушающей нагрузки $P_{разр} = 57,3$ кН к расчетной нагрузке $P_p = 25$ кН, составил 2,29. Требуемый коэффициент безопасности для случая хрупкого разрушения определяется по формуле

$$K_{б(хр)} = 1,58 \frac{K_{дл(исп)}}{K_{дл(экс)}}, \quad (3)$$

где $K_{дл(исп)}$ — коэффициент длительной прочности при испытаниях, определяемый по формуле (4); $K_{дл(экс)}$ — коэффициент длительной прочности в реальном времени эксплуатации конструк-

ции, принимаемый 0,66 в соответствии с табл. 4 СП 64.13330;

$$K_{дл(исп)} = 1,03 \left(1 - \frac{\lg t_{исп}}{\lg A} \right), \quad (4)$$

где $\lg A$ — согласно п. 9.2.1 ГОСТ Р 57790 принимается равным 17,1; $t_{исп}$ — приведенное время, определяемое по формуле (5),

$$t_{исп} = \frac{t_1}{38,2} = \frac{17100}{38,2} = 447,65 \text{ с}, \quad (5)$$

где $t_1 = 17\ 100$ с (экспериментальная величина) — время доведения нагрузки до разрушающей.

Тогда

$$K_{дл(исп)} = 1,03 \left(1 - \frac{\lg 447,65}{\lg 17,1} \right) = 0,845,$$

$$K_{б(хр)} = 1,58 \frac{0,845}{0,66} = 2,02,$$

Фактическое значение коэффициента безопасности $K_{факт} = 2,29$ превышает значение требуемого коэффициента безопасности $K_{б(хр)} = 2,02$, следовательно, можно констатировать, что экс-

плуатационная надежность испытанных балок обеспечена при длительном действии нагрузок.

Авторы отмечают, что предложенные конструктивные решения сборно-разборных фанерных несущих элементов будут обеспечивать быстровозводимость малоэтажного строительства, при этом их характеризуют легкость, низкая стоимость, технологичность, простота в изготовлении и монтаже. После отработки теоретически обоснованной и экспериментально доказанной инженерной методики расчета предложенного класса конструкций, их внедрение в практику строительства расширит номенклатурный ряд и повысит конкурентоспособность несущих элементов, выполненных с применением листовых материалов на основе древесины.

В ы в о д ы

1. Предложенные варианты конструктивных решений фанер-

ных несущих элементов, выполненные без применения клеевых соединений, обеспечивают сборно-разборность зданий и быстроту их возведения, что предопределяет техническую целесообразность их применения в практике отечественного малоэтажного строительства.

2. Технологический процесс по изготовлению разработанных фанерных несущих элементов должен обеспечивать плотность всех соединений, что можно достичь при помощи станков с ЧПУ.

3. За счет обеспечения плотности сопряжения стенок и поясов в шиповых соединениях фанерные пояса включаются в общую работу конструкции, но степень их участия должна определяться с учетом выявленной при испытаниях податливости, как при расчетах на прочность, так и при проверке принятых параметров балок по деформативности.

С П И С О К И С Т О Ч Н И К О В

1. Шмидт А. Б., Дмитриев П. А. Атлас строительных конструкций из клееной древесины и водостойкой фанеры. М. : АСВ, 2001. 292 с.
2. Дмитриев П. А. Деревянные балки и балочные клетки. Новосибирск : Печать, 1989. 160 с.
3. Лисов С. В. Применение фанеры в несущих конструкциях для малоэтажного строительства // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. Оренбург : ОГУ, 2024. С. 2753–2757.
4. Житушкин В. Г. Клеефанерные конструкции. М. : АСВ, 2011. 200 с.
5. Вдовин В. М. Конструкции из дерева и пластмасс. Проектирование клеёдошчатых и клеефанерных конструкций, балок, арок и рам. Пенза: ПГУАС, 2016. 208 с.
6. Кузнецов И. Л., Гимранов Л. Р., Крайнов И. В. Разработка и исследование клеефанерной двутавровой балки // Известия КГАСУ. 2013. № 2. С. 108–112.
7. Жаданов В. И., Украинченко Д. А., Аркаев М. А., Руднев И. В. Клеефанерные панели на деревянном каркасе. Оренбург: Университет, 2021. 142 с.
8. Малыхина В. С., Фролов Н. В., Хуан Ф. С. Особенности конструирования и расчета фанерных клее-
- ных балок // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 4. С. 32–37.
9. Ростовщикова Е. А. Исследование работы клеефанерных балок с перфорированной стенкой // Вопросы науки и образования. 2019. № 2 (45). С. 134–139.
10. Дмитриев П. А., Осипов Ю. К. Клеевые балки с волнистой стенкой из фанеры // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1967. № 11. С. 35–41.
11. Жаданов В. И., Инжутов И. С., Украинченко Д. А. О неиспользуемых резервах в проектировании панельных конструкций на основе деревянного каркаса // Известия вузов. Строительство. 2016. № 2(686). С. 15–24.
12. Пат. РФ № 2784270. Стыковое соединение пластин строительной конструкции / Новиньков А. Ю. Заявитель ПКФ «Оптим-Эксперт». Оpubл. 23.11.2022 г. Бюл. № 33.
13. Пат. РФ № 2794487. Способ возведения каркасных сооружений / Новиньков А. Ю. Заявитель А. Ю. Новиньков. Оpubл. 19.04.2023 г. Бюл. № 11.
14. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. М. : Стройиздат, 1976. 28 с.

REFERENCES

1. Shmidt A. B., Dmitriev P. A. *Atlas stroitel'nykh konstrukcij iz kleevoj drevesiny i vodostojkoj fanery* [Atlas of building structures made of glued wood and water-resistant plywood]. Moscow, ASV Publ., 2001. 292 p. (In Russ.).
2. Dmitriev P. A. *Derevyannye balki i balochnye kletki* [Wooden beams and beam cages]. Novosibirsk, Pechat' Publ., 1989. 160 p. (In Russ.).
3. Lisov S. V. The use of plywood in load-bearing structures for low-rise construction. *Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovaniya, nauki i kul'tury : materialy Vseros. nauch.-metod. konf.* [University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the All-Russian scientific and methodological conference]. Orenburg, OGU Publ., 2024, pp. 2753–2757. (In Russ.).
4. Zhitushkin V. G. *Kleefanernye konstrukcii* [Kleefaner constructions]. Moscow, ASV Publ., 2011. 200 p. (In Russ.).
5. Vdovin V. M. *Konstrukcii iz dereva i plastmass. Proektirovanie kleedoshchatyh i kleefanernyh konstrukcij, balok, arok i ram* [Constructions made of wood and plastics. Designing of adhesive-coated and glued-plywood structures, beams, arches and frames]. Penza, PGUAS Publ., 2016. 208 p. (In Russ.).
6. Kuznecov I. L., Gimranov L. R., Krajnov I. V. Development and research of a glued I-beam. *Izvestiya KGASU*, 2013, no. 2, pp. 108–112. (In Russ.).
7. Zhadanov V. I., Ukrainchenko D. A., Arkaev M. A., Rudnev I. V. *Kleefanernye paneli na derevyannom karkase* [Kleefaner panels on a wooden frame]. Orenburg, Universitet Publ., 2021. 142 p. (In Russ.).
8. Malyhina V. S., Frolov N. V., Huan F. S. Features of the design and calculation of plywood glued beams. *Vestnik BGTU im. V. G. Shuhova*, 2016, no. 4, pp. 32–37. (In Russ.).
9. Rostovshchikova E. A. Investigation of the work of glued plywood beams with a perforated wall. *Voprosy nauki i obrazovaniya*, 2019, no. 2 (45), pp. 134–139. (In Russ.).
10. Dmitriev P. A., Osipov Yu. K. Glued beams with a wavy plywood wall. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura*, 1967, no. 11, pp. 35–41. (In Russ.).
11. Zhadanov V. I., Inzhutov I. S., Ukrainchenko D. A. On unused reserves in the design of panel structures based on a wooden frame. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*, 2016, no. 2 (686), pp. 15–24. (In Russ.).
12. Pat. RF No. 2784270. *Stykovoe soedinenie plastin stroitel'noj konstrukcii* [Butt joint of plates of construction construction]. Novin'kov A. Yu. Zayavitel' PKF «Optima-Ekspert». Opubl. 23.11.2022. Byul. No. 33. (In Russ.).
13. Pat. RF No. 2794487. *Sposob vozvedeniya karkasnykh sooruzhenij* [Method of construction of frame structures]. Novin'kov A. Yu. Zayavitel' A. Yu. Novin'kov. Opubl. 19.04.2023. Byul. No. 11. (In Russ.).
14. *Rekomendacii po ispytaniyu derevyannykh konstrukcij* [Recommendations for testing wooden structures] / CNIISK im. V. A. Kucherenko. Moscow, Strojizdat Publ., 1976. 28 p. (In Russ.). ■