

вант и наличия самонапряженного участка образованной на базе ригеля балочно-вантовой системы.

Краткие выводы. Искусственное регулирование усилий балочных систем (балок, ферм и других балочных систем), подлежащих усилению путем создания на их базе гибких балочно-вантовых систем, – эффективный способ оптимизации напряженно-деформированного состояния усиливаемого конструктивного элемента.

При расчете балочно-вантовых систем необходим учет деформированной схемы равновесия, так как линейный расчет может дать существенную погрешность, и тем самым основные напряжения в усиливаемом конструктивном элементе представить соизмеримыми с дополнительными в виду существенного различия в работе под нагрузкой конструктивной схемы и линейной расчетной.

Способы создания предварительного напряжения в балочно-вантовых системах разнообразны и зависят от количества внутренних связей, с помощью которых могут быть достигнуты самонапряженные состояния системы.

В лишних связях гибких балочно-вантовых систем, если они не относятся к числу безусловно необходимых, а системы удовлетворяют условиям квазиинвариантности и статической неопределимости, можно задать предварительное напряжение таким, что усилия в них будут равны требуемой наперед заданной величине.

При наличии в балочно-вантовых системах вант в виде гибких стержней, обладающих конечной изгибной жесткостью, диапазон несущей способности может быть повышен вплоть до потери устойчивости одним из гибких стержней.

УДК 674.028.3

Жук В.В., Куши К.М., Замойская Н.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С ДЕРЕВЯННЫМ КАРКАСОМ И ФАНЕРНОЙ ОБШИВКОЙ НА ПРОВОЛОЧНЫХ СКОБАХ

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы значительно возросли объемы жилищного строительства на селе. Этому способствует принятая правительством Республики Беларусь программа по возрождению села, предусматривающая ежегодное строительство не менее пяти домов усадебного типа в каждом сельхозпредприятии и возможность получения кредита на жилищное строительство на льготных условиях (под 3% годовых).

Значительная часть введенных в эксплуатацию жилых домов имеет традиционное решение конструкций наружных стен – из газосиликатных блоков, кирпича или керамических камней. Такое конструктивное решение имеет свои достоинства (долговечность, высокая прочность конструкций и степень защищенности от возгорания, низкая подверженность атмосферным влияниям) и недостатки (трудоемкость возведения, необходимость отделки стен, ограничения по производству работ в зимнее время).

Практика строительства в США, Канаде, Швеции и России – странах, расположенных, как и наша Республика, в таких же, а в ряде случаев, и в более суровых климатических условиях, показывает, что основной метод строительства индивидуальных домов представляет собой их сборку из готовых конструкций (панельное домостроение) или из отдельных элементов, образующих каркас, с дальнейшей обшивкой их плитными материалами (каркасное домостроение). При этом наиболее гибкое планировочное и конструктивное решение

Усиление балок балочных систем путем создания в их пролете самонапряженных зон или включения их в предварительно напряженные балочно-вантовые системы эффективно, так как для вант возможно применение высокопрочных материалов, а поэтому при правильном подборе конструктивных решений, как правило, экономически обосновано.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. – М.: Госстрой СССР, 1988. – 10 с.
2. Хило Е.Р., Попович Б.С. Усиление строительных конструкций. – Львов: Вища школа, 1985. – 156 с.
3. Реконструкция промышленных предприятий / Под редакцией В.Д. Топчия, Р.А. Гребенника: В 2-х томах. Т. 1. – М.: Стройиздат, 1990. – 591 с.
4. Уласевич В.П., Костюк О.В. Деформационный расчет гибких балочно-вантовых систем методом конечных элементов в среде MathCAD // Вестник БГТУ – 2004. № 1(25): Строительство и архитектура. – С. 111–117.
5. Уласевич В.П., Костюк О.В. Блок покрытия с балочно-вантовой системой усиления чердачных перекрытий // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – Приложение: Материалы XI Межд. научн.-метод. межвуз. семинара «Перспективы развития новых технологий в стр-ве и подготовке инженерных кадров РБ», Брест, 25-27 ноября 2004 г.: В 2 ч. – 2004. – Ч. 1 – С. 149-152.
6. Беленя Е.И., Стрелецкий Н.Н. Металлические конструкции. Специальный курс: Уч. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 687 с.

имеют деревянные каркасные дома. Их конструктивной основой является каркас, состоящий из деревянных брусьев различного сечения, установленных с шагом 400 – 600 мм, понижу и поверху объединенных горизонтальными элементами в жесткую раму. Каркас обшивается листовыми материалами на основе древесины, а в качестве утеплителя используется пенополистирол или минераловатные плиты.

Благодаря тому, что древесина и древесноплитные материалы имеют относительно небольшую плотность, высокие теплозащитные свойства, легко поддаются механической обработке и сборке, затраты на строительство панельных домов на 20 – 30% меньше, чем домов из кирпича и бетона. В свою очередь, стоимость заводского изготовления 1м² каркасного деревянного дома меньше на 30 – 40% стоимости 1м² панельного дома за счет сокращения расхода пиломатериалов на 20% и трудоемкости заводского изготовления в 2,5 – 3 раза. Кроме того, затраты на отопление (в расчете на 1м² площади) в 2 – 2,5 раза меньше, чем у домов, построенных из кирпича.

Можно предположить, что и в нашей Республике деревянные панельные и каркасные жилые дома будут востребованы не только по причине их меньшей стоимости и коротких сроков строительства (сдача дома «под ключ» составляет 8 – 12 недель) по сравнению с кирпичными домами, но и с учетом того, что древесина – местный, а значит, и дешевый строительный материал, запасы которого с течением времени способны пополняться, обеспечивая, таким образом,

Жук Василий Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Замойская Надежда Владимировна, ассистент кафедры архитектурных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Куши Константин Михайлович, инженер-конструктор ООО «Облик».

Строительство и архитектура

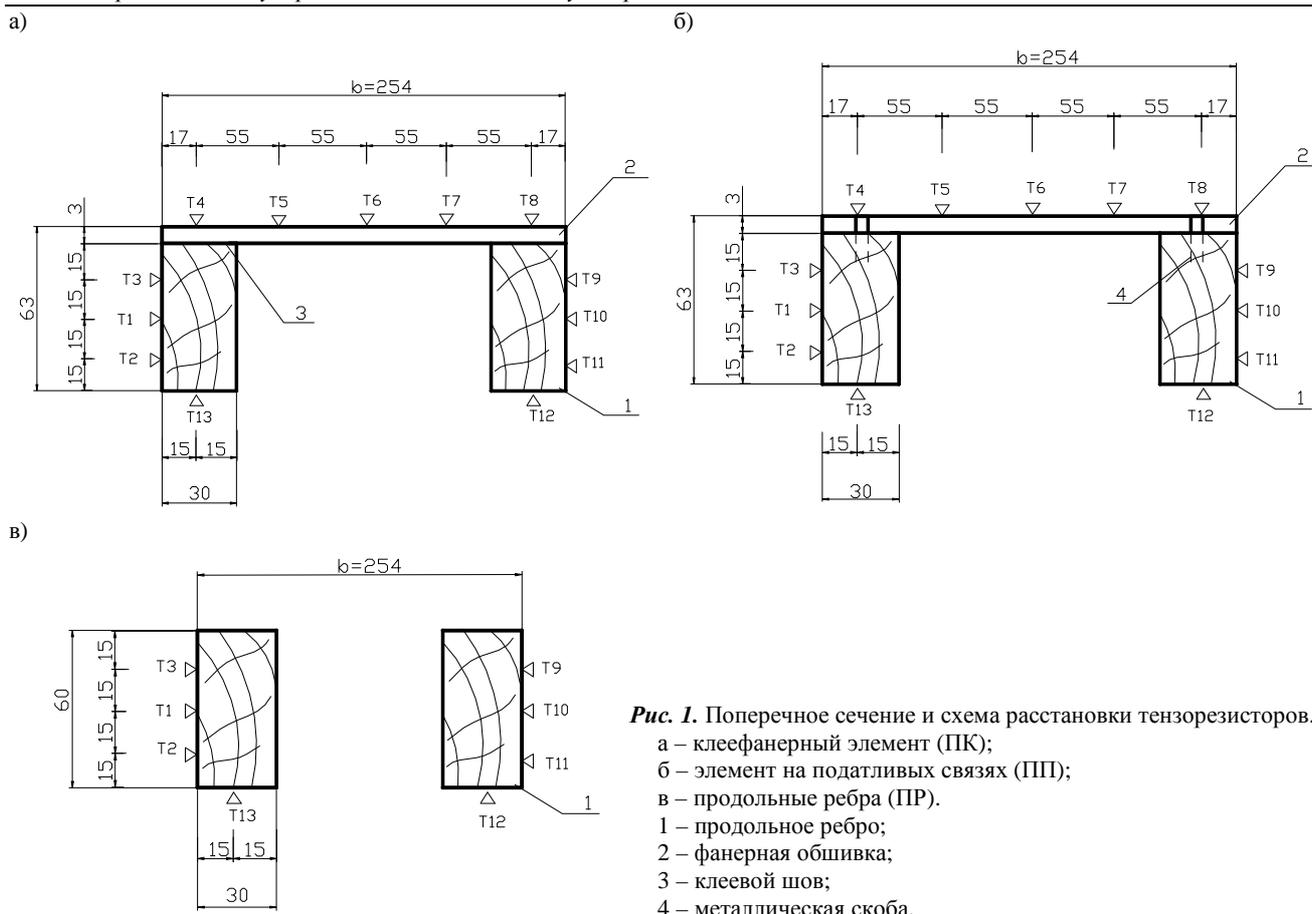


Рис. 1. Поперечное сечение и схема расстановки тензорезисторов.

- а – клефанерный элемент (ПК);
- б – элемент на податливых связях (ПП);
- в – продольные ребра (ПР).
- 1 – продольное ребро;
- 2 – фанерная обшивка;
- 3 – клеевой шов;
- 4 – металлическая скоба.

возобновляемость сырьевой базы, что чрезвычайно важно в современных условиях дефицита природных ресурсов и высокой стоимости строительных материалов.

Основой панельных конструкций и конструкций каркасной системы на основе древесины являются соединения обшивки с каркасом с помощью синтетического клея (жесткое соединение) или с применением механических связей (податливое соединение).

Для получения качественных клеевых соединений требуется наличие специальных технологических линий, входящих в состав цеха или завода по производству ограждающих конструкций. Единственное в нашей Республике предприятие, специализирующееся на выпуске несущих и ограждающих конструкций из клееной древесины, введенное в эксплуатацию более 30 лет назад в г. Гомеле, требует технического перевооружения по причине физического и морального износа импортного оборудования.

Соединение обшивки с каркасом с помощью гвоздей или шурупов может быть выполнено как в заводских условиях, на специализированных линиях, так и на строительной площадке с применением стационарного оборудования или ручного инструмента. Отметим, что на технологический процесс крепления обшивки к каркасу податливыми связями оказывает влияние вид элемента крепления и его диаметр, материал обшивки, размеры поперечного сечения элементов каркаса. При этом необходимо выполнить дополнительные операции, предшествующие установке связей, такие, как предварительное сверление отверстий и их раззенковка, что увеличивает трудоемкость изготовления и стоимость конструкции.

По нашему мнению, перспективными соединениями элементов каркаса с обшивками как для панельного, так и для каркасного домостроения могут быть соединения на прово-

лочных скобах. Широкий ассортимент скоб с различными физическими и механическими характеристиками проволоки, длиной от 28 до 90 мм, малый диаметр скоб в пределах 1,5 – 2,0 мм [1,2], наличие широкого выбора ручного и электрического инструмента, позволяющего получить качественные соединения листовых материалов разной плотности (от поролона до тонкой листовой стали), возможность соединять материалы без предварительного сверления отверстий, возможность «втапливать» скобы в материал [3] определяют преимущества соединений на проволочных скобах по сравнению с соединениями на гвоздях или шурупах.

С целью изучения работы соединений на проволочных скобах при действии статической нагрузки, определения доли участия обшивки в работе конструкции были изготовлены и испытаны на поперечный изгиб:

- клефанерный элемент (ПК), состоящий из двух продольных ребер и фанерной обшивки, соединенных между собой синтетическим клеем (рис. 1 «а»);
- элемент на податливых связях (ПП), состоящий из двух продольных ребер и фанерной обшивки, соединенных между собой проволочными скобами (рис. 1 «б»);
- два продольных ребра (ПР) (рис. 1 «в»).

Продольные ребра образцов изготовлены из древесины сосны сечением $b \times h = 30 \times 60$ мм, обшивки – из березовой фанеры толщиной 3 мм. Образцы имели одинаковые размеры в плане 254×1500 мм.

Клефанерный элемент (ПК) изготовлен в лаборатории кафедры строительных конструкций путем склеивания обшивки с продольными ребрами с гвоздевой запрессовкой и выдержкой под давлением до набора прочности клеевых соединений.

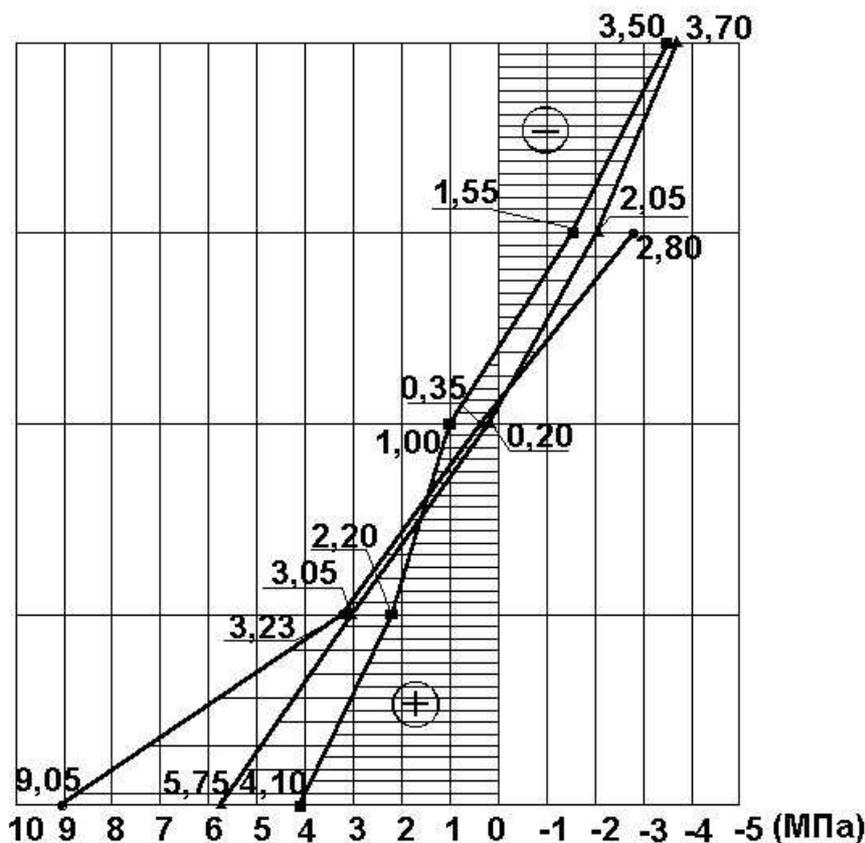


Рис. 2. Распределение нормальных напряжений по высоте сечения:

- ▲ – клефанерного элемента ПК;
- – элемента на скобах ПП;
- – элемента без связей ПР.

Элемент на податливых связях (ПП) был изготовлен в мастерской ООО Производственно-коммерческой фирмы «ЭОС» с применением стационарного пневмоинструмента.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Работам по изготовлению и испытанию конструкций предшествовали испытания образцов соединений фанеры и древесины на проволочных скобах [4]. Целью испытаний было определение минимального значения несущей способности одного среза скобы в симметричном соединении и установление зависимости этого показателя от угла установки перекладины скоб относительно продольной оси образца.

В результате испытаний, проведенных по методике [5], установлено, что образцы на скобах, поставленных под углом 0° , 45° и 90° к продольной оси образца, разрушились практически при одинаковой нагрузке, т.е. ориентация скоб при соединении фанеры с древесиной не оказывает влияния на несущую способность скобы.

Проведенные испытания позволили определить необходимое число скоб с учетом их шага, геометрических характеристик сечения и величины нагрузки. Скобы в количестве 14 штук были равномерно расставлены на полупролете элемента ПП в каждом продольном ребре.

Испытания проводились на поперечный изгиб при опирании конструкции по двум продольным сторонам на закругленные опоры через металлические пластины. Нагружение элементов осуществлялось четырьмя сосредоточенными си-

лами, что эквивалентно равномерно распределенной нагрузке. Прогиб элементов посередине пролета определялся при помощи прогибомеров ПАО-6. Относительные деформации по сечению элементов в средней части пролета определялись с помощью тензорезисторов базой 50мм, расставленных по схеме, приведенной на рис.1.

Нагружение элементов осуществлялось ступенями $\Delta F = 0,4$ кН в соответствии с методикой [6] и доводилось до максимальной нагрузки $F = 1,2$ кН, что соответствует упругой области работы древесины продольных ребер.

ВЫВОДЫ

По результатам обработки экспериментальных данных испытаний были построены эпюры нормальных напряжений по высоте сечения элементов (рис. 2), установлен характер распределения нормальных напряжений по ширине обшивки элементов ПК и ПП (рис. 3), построен график зависимости деформаций от нагрузки (рис. 4). При определении величины нормальных напряжений в обшивках и продольных ребрах были приняты: модуль упругости березовой фанеры в плоскости листа $E_p = 0,9 \cdot 10^4$ МПа, модуль упругости древесины вдоль волокон $E_0 = 1 \cdot 10^4$ МПа.

Сравнение результатов испытания элементов ПК и ПР с расчетом показало, что полученные данные больше расчетных величин соответственно на 14% и 29% (по первой группе предельных состояний) и на 30% и 64% соответственно (по второй группе предельных состояний).

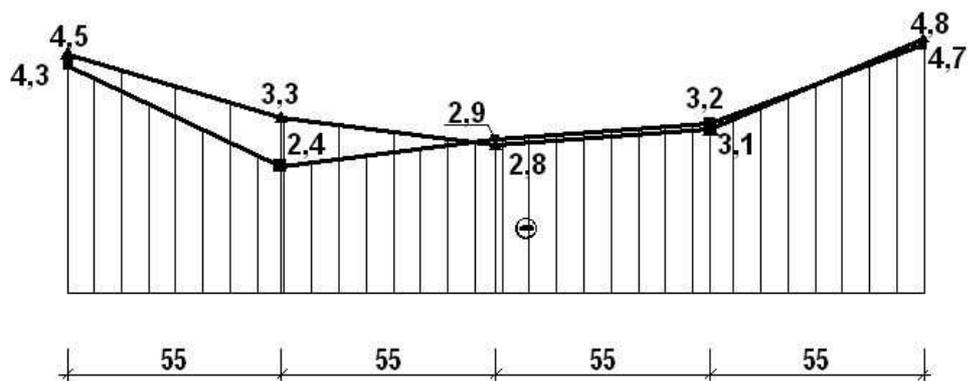


Рис. 3. Распределение нормальных напряжения по ширине обшивки (в МПа):
1 – элемента на скобах ПП;
2 – клефанерного элемента ПК.

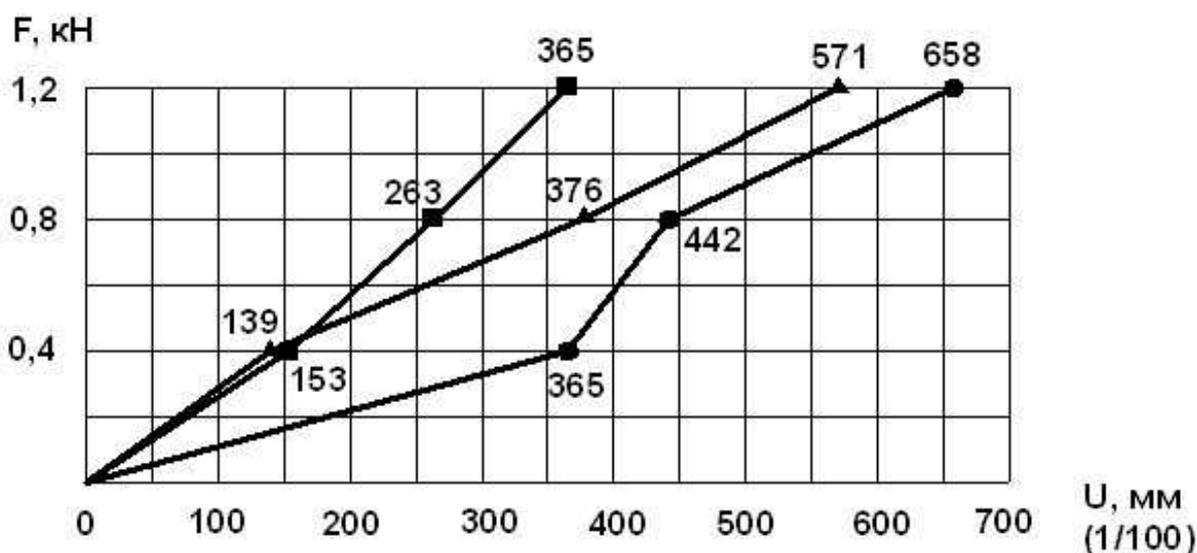


Рис. 4. Зависимость деформаций от нагрузки:
▲ – элемента без связей ПР;
■ – клефанерного элемента ПК;
● – элемента на скобах ПП.

Анализ эпюр нормальных напряжений по высоте сечения элементов показывает, что в случае соединения элементов конструкции на проволочных скобах, обшивка включается в совместную работу с продольными ребрами – величина нормальных напряжений в растянутой кромке ребер выше на 22% по сравнению с клефанерным элементом ПК и ниже на 57% по сравнению с элементом ПР.

Характер распределения нормальных напряжений по ширине сечения элементов ПК и ПП практически не отличается – коэффициент неравномерности нормальных напряжений по ширине обшивки, определяемый отношение среднего значения к максимальному, соответственно равен 0,75 и 0,77.

Прогиб элемента на податливых связях (ПП) выше на 36% по сравнению с клефанерным элементом (ПК) и ниже на 15% по сравнению с элементом ПР.

Из анализа полученных результатов видно, что участие обшивки в работе конструкции на проволочных скобах в большей степени оказывает влияние на напряженное состояние и в меньшей – на деформативное состояние.

Для введения численных значений коэффициентов, учитывающих податливость связей (проволочных скоб), к моменту сопротивления и моменту инерции поперечного сече-

ния в формулы расчета конструкций по первой и второй группам предельных состояний, следует продолжить работы по испытаниям натуральных конструкций на действие кратковременной и длительной нагрузок с целью накопления экспериментальных данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. INFORMATIONSDIENST HOLZ. HOLZBAU HANDBUCH. REINE 2. TEIL 2. FOLGE 2.
2. INFORMATIONSDIENST HOLZ. HOLZBAU HANDBUCH. REINE 4. TEIL 4. FOLGE 2.
3. Деревянные дома. Справочник. Серия «Застройщик». – М.:НТС «Стройинформ», 2001. – 320с.
4. Куиш К.М. Дипломная работа «Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций из древесины и древесноплитных материалов на податливых связях». Брест, 2004. – 193с.
5. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций/ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1981. – 40с.
6. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций. – М.: Стройиздат, 1976. – 32с.