

УДК 624.078.4+624.011.2
DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.136

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СВЯЗЕЙ СДВИГА ПРИ РАСЧЕТЕ РЕБРИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ НА ДЕРЕВЯННОМ КАРКАСЕ

Е.В. Попов, асп.

В.В. Филиппов, бакалавр

В.И. Мелехов, д-р техн. наук, проф.

Б.В. Лабудин, д-р техн. наук, проф.

Т.В. Тюрикова, канд. техн. наук

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;
e-mail: EPV1989@yandex.ru

Ребристые плиты и панели с обшивками из листовых (плитных) материалов используют при строительстве гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений. Они являются универсальными ограждающими и несущими конструкциями, могут использоваться в качестве покрытий, перекрытий, стенового ограждения. Плиты покрытий выполняют одновременно функции прогонов, настила, подшивки, обеспечивают теплозащиту здания. Их отличает унифицированность, высокая степень заводской готовности, возможность заводского контроля прочностных, звуко- и теплоизолирующих свойств, невысокая плотность используемых материалов, благодаря чему снижаются затраты на устройство фундаментов зданий. Стоимость фанеры возрастает за счет роста стоимости сырья и низкого коэффициента полезного выхода готовой продукции, в качестве обшивок плит покрытий и перекрытий за последние годы стали применять oriented strand boards – плиты OSB. Стоимость этих плит ниже стоимости фанеры, так как сырьем для них является преимущественно древесина мягколиственных пород. В статье представлено исследование напряженно-деформированного состояния панелей на деревянном каркасе с обшивкой из OSB для различных вариантов соединений с ребрами. Для проведения численного эксперимента при прочностном и деформационном анализе конструкций методом конечных элементов был использован программный вычислительный комплекс Scad Office 21.1. Установлен характер распределения напряжений в обшивке панели перекрытия, работающей в составе всей конструкции, а также влияние жесткости связей сдвига на распределение напряжений в обшивке. Выявлено влияние сдвиговой жесткости податливых дискретных связей на коэффициент приведения, характеризующий неравномерность распределения нормальных сжимающих напряжений в поперечном сечении обшивки, определены коэффициенты составности, учитывающие податливость связей при определении прогиба и проверке прочности составных конструкций. По результатам исследования установлено, что увеличение диаметра винтов без постановки дополнительных усиливающих элементов (когтевых шайб) не оказывает существенного влияния на долю участия обшивки в работе панели на изгиб, применение комбинированных соединений с когтевыми шайбами «Bulldog» способствует эффективному вовлечению сжатой обшивки в работу панели.

Ключевые слова: ребристая панель, жесткие связи, клеевое соединение, дискретные связи, нагельные соединения, прочность, деформативность, податливость, составность.

Напряженно-деформированному состоянию панелей с податливыми связями обшивки и ребер посвящен ряд работ, связанных с исследованием стеновых панелей [2, 6, 13]. Работа изгибаемых панелей перекрытий с податливым креплением обшивки изучена недостаточно. Не всегда корректно учитывалась работа податливых соединений (гвоздей, винтов, скоб), которые обладают податливостью, что не позволяет в полной мере включать обшивку в работу конструкции. В связи с этим предпочтение отдавалось клеевым соединениям обшивки и ребер [1, 7, 11].

Панель перекрытия можно рассматривать как пространственную систему, состоящую из тонкой плиты и подкрепляющих ее продольных ребер. Значительный вклад в совершенствование конструкции панелей и методику расчета внесли А.Б. Губенко, В.Ф. Иванов, К.П. Кашкаров, М.Е. Каган, Г.Г. Карлсен, М.Ф. Ковальчук, И.М. Линьков и др. Проблемам развития и совершенствования теории проектирования пластинчатых конструкций посвящены исследования таких ученых, как Н.П. Абовский, П.А. Дмитриев, В.И. Жаданов, А.А. Журавлев, И.С. Инжутов, С.А. Корзон, В.Г. Леннов, Б.В. Лабудин, Б.К. Михайлов, А.Я. Найчук, Р.Б. Орлович, К.П. Пятикрестовский, Е.Н. Серов, В.Я. Терентьев и др.

Расчет ребристых панелей на деревянном каркасе можно проводить по балочной схеме, используя представление о них как о элементах таврового или двутаврового сечения, обшивки которых выступают в роли полок. Нормальные напряжения, направленные вдоль оси панели, возникающие в полках, будут иметь максимальное значение у ребер и уменьшаться по мере удаления от них. В середине обшивки напряжения будут минимальными. При этом в расчет следует вводить не фактическую, а уменьшенную (эквивалентную, приведенную) ширину обшивки, которая определяется с учетом того, чтобы значения наибольших продольных напряжений для фактического и приведенного сечений оказались равными [11]. Схемы фактического и приведенного поперечных сечений ребристой панели представлены на рис. 1.

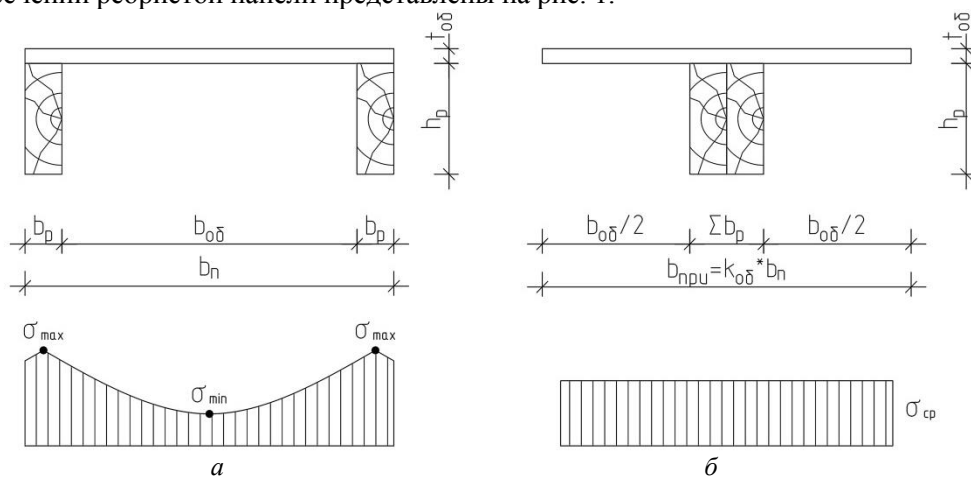


Рис. 1. Схемы фактического и приведенного поперечных сечений панели и распределение нормальных напряжений в обшивке: *a* – фактическое сечение; *б* – расчетное (приведенное) сечение

Объектом численных исследований являлись панели перекрытия П-образного поперечного сечения размерами 1×3 м, состоящие из несущих деревянных ребер присоединенной к ним обшивки из OSB. В качестве основного инструмента численных исследований напряженно-деформированного состояния изгибаемых панелей с обшивкой из OSB, включенной в общую работу конструкции, был применен лицензированный программный комплекс Scad Office 21.1, в основу которого положен метод конечных элементов [5].

Рассмотрено 4 варианта соединения обшивки с ребрами: I – на винтах диаметром 4 мм; II – диаметром 6 мм; III – с помощью нагельной группы [8], состоящей из винтов и когтевых шайб «Bulldog»; IV – на клею. Значения жесткости дискретных связей принимали по результатам, приведенным в [8].

Для ребер характеристики материалов принимали согласно [4, 10], для обшивки из OSB – [13–15], так как в отечественных нормах эти показатели отсутствуют. Были приняты плиты класса OSB/3.

Цель работы – для изгибаемых плит перекрытий выявить степень включения в работу продольных деревянных ребер обшивок из OSB при использовании различных типов связей (винты разного диаметра, шайбы «Bulldog», клей) и определить коэффициенты составности k_w , $k_{ж}$.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

создать физическую и расчетную модель, адекватно отражающую работу материалов и соединений;

выявить и оценить закономерности распределения нормальных напряжений сжатой обшивки в зависимости от жесткости соединителей;

оценить степень участия обшивки в общей работе конструкции в зависимости от типа соединительных связей и дать предложения по инженерному расчету панелей с односторонней (верхней) обшивкой.

Размеры поперечного сечения ребер панели принимали исходя из прочности на действие изгибающего момента при нагрузке $P = 1,95$ кПа (195 кг/м²), что соответствует расчетной полезной нагрузке в помещениях жилых зданий [9]. Толщину обшивки определяли из условия ее прочности при изгибе от сосредоточенной нагрузки $P = 1$ кН. В результате предварительного расчета с учетом диаметра коннектора были установлены размеры поперечного сечения ребра (60×150 мм) из древесины хвойных пород (сосна, 1-й сорт), толщина обшивки $\delta = 18$ мм. Ребра и обшивки панели моделировали с помощью пластинчатых конечных элементов типа 41 с ортотропными жесткостными характеристиками. Дискретные связи, скрепляющие лист обшивки и каркас, принимали в виде конечных элементов типа 55, которые моделируют связи конечной жесткости, устанавливаемые между двумя узлами и обеспечивающие взаимную линейную или угловую податливость узлов [5]. Шаг расстановки дискретных связей принят 200 мм.

Схема поперечного сечения исследуемой панели и расчетная конечно-элементная модель представлены на рис. 2.

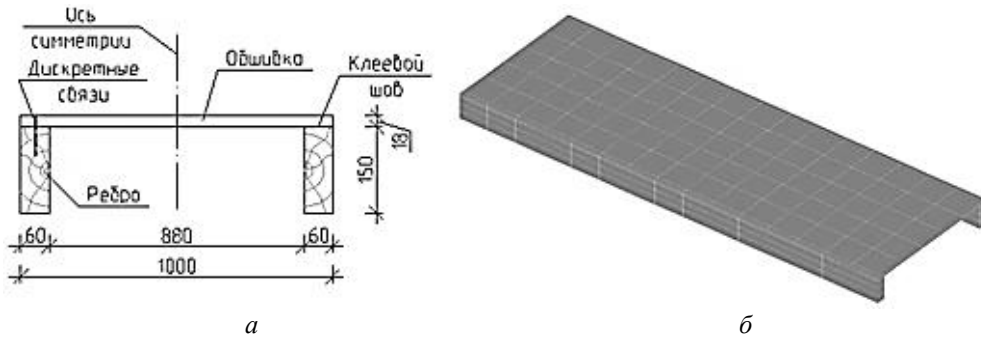


Рис. 2. К выбору расчетной схемы панели: *a* – схема поперечного сечения панели перекрытия; *б* – расчетная модель панели перекрытия, составленная из прямоугольных конечных элементов

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно [1] степень неравномерности распределения напряжений в обшивках панелей оценивали коэффициентом приведения:

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

где σ_x^{cp} – среднее нормальное напряжение по всей ширине обшивки в поперечном сечении панели,

$$\sigma_x^{cp} = \frac{1}{b_{об}} \int_a^{b_{об}} \sigma_x dy \approx \frac{1}{b_{об}} \sum_{i=1}^n \sigma_x^i \Delta y_i; \quad (2)$$

$b_{об}$ – фактическая ширина сечения панели;

σ_x^i – нормальное напряжение в каждой точке по ширине поперечного сечения;

Δy_i – бесконечно малая ширина участка между точками измерения напряжений;

σ_x^{max} – максимальное нормальное напряжение.

Расчетная (приведенная) ширина сечения панели вычисляется путем умножения фактической ширины $b_{факт}$ на коэффициент приведения $k_{об}$.

На рис. 3 представлен характер распределения нормальных напряжений σ_x в обшивке панелей с разными типами связей, на рис. 4 – нормальных сжимающих напряжений σ_x в обшивке в наиболее нагруженном сечении панели (середина пролета).

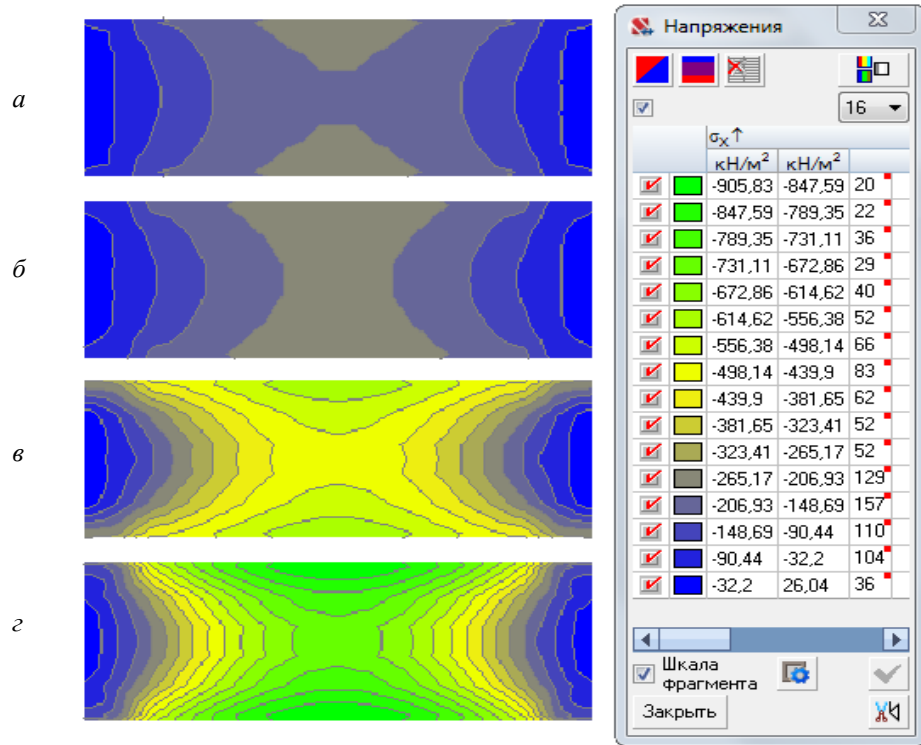


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений в обшивке панелей при различных вариантах крепления: *а* – соединение с винтами диаметром 4 мм; *б* – 6 мм; *в* – комбинированное соединение (зубчатая (клеевая) шайба «Bulldog» + винты диаметром 4 мм); *г* – жесткое (клеевое) соединение

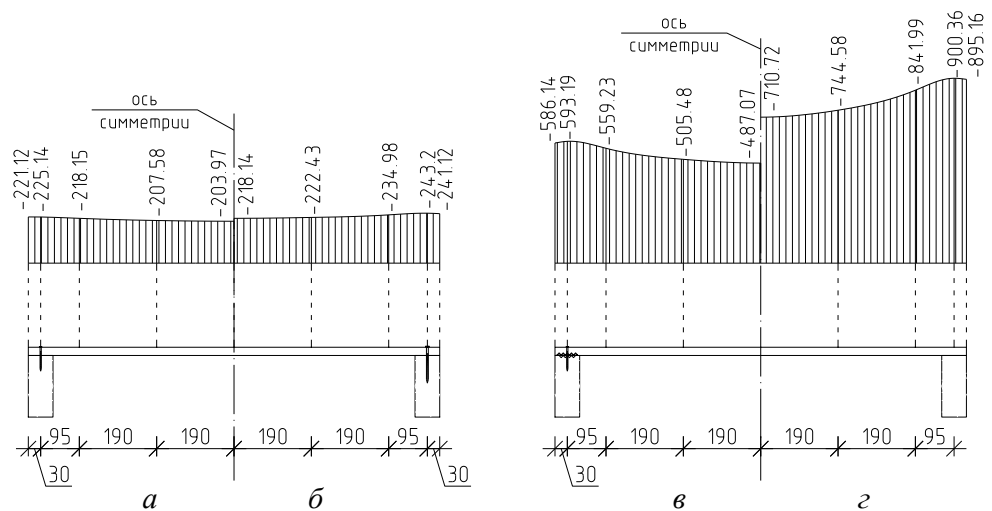


Рис. 4. Распределение нормальных сжимающих напряжений σ_x в обшивке панелей при различных вариантах крепления (см. обозначения в подписи к рис. 3)

Коэффициенты приведения обшивки в зависимости от типа соединения представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Влияние напряжений в обшивке на коэффициенты приведения
в зависимости от типа связей**

Тип связей	Напряжение в обшивке, МПа			
	максимальное σ_x^{\max}	среднее σ_x^{cp}	Коэффициент приведения обшивки	
			$k_{\text{об}}^{\text{теор}}$	$k_{\text{об}}^{\text{н}}$
Винты диаметром, мм:				
4	-0,225 (25 %)	-0,212 (27 %)	0,942	0,90
6	-0,243 (27 %)	-0,228 (29 %)	0,936	0,90
Комбинированное соединение с шайбой «Bulldog»	-0,593 (66 %)	-0,528 (67 %)	0,891	0,85
Жесткое (клеевое) соединение	-0,900 (100 %)	-0,786 (100 %)	0,872	0,80

Примечание. В скобках здесь и далее, в табл. 2, приведено процентное соотношение показателей по отношению к панели с жестким клеевым соединением обшивки и ребер.

Исходя из возможных дефектов материалов значения коэффициентов приведения $k_{\text{об}}^{\text{н}}$ обшивки приняты ниже теоретических $k_{\text{об}}^{\text{теор}}$. Расчетную ширину обшивки определяли по формуле

$$b_{\text{прив}} = k_{\text{об}} b_{\text{п}}, \quad (3)$$

где $b_{\text{п}}$ – фактическая (габаритная) ширина обшивки.

Доля участия обшивки в работе панели при податливом соединении может быть учтена путем введения коэффициентов составности $k_{\text{ж}}$ (к моменту инерции для расчета на прогиб) и k_{w} (к моменту сопротивления для расчета на прочность) [3]:

$$J_{\text{расч}} = k_{\text{ж}} J_0; \quad (4)$$

$$W_{\text{расч}} = k_{\text{w}} W_0, \quad (5)$$

где
$$k_{\text{ж}} = \frac{f_{\text{цел}}}{f_{\text{под}}}; \quad (6)$$

$$k_{\text{w}} = \frac{\sigma_{\text{цел}}}{\sigma_{\text{под}}}; \quad (7)$$

$f_{\text{цел}}, \sigma_{\text{цел}}$ – прогиб и напряжение в панели цельного сечения;

$f_{\text{под}}, \sigma_{\text{под}}$ – прогиб и напряжение в ребре панели с податливыми связями обшивки и ребер, определяемые по результатам расчета (табл. 2);

J_0, W_0 – моменты инерции и сопротивления, рассчитанные для цельного сечения без учета податливости связей сдвига.

Таблица 2

**Влияние прогибов и напряжений на коэффициенты составности панели
в зависимости от типа связей**

Тип связей	Максимальные		Коэффициенты составности $\frac{k_{ж}}{k_w}$	
	прогиб, мм	напряжение в ребре σ_p , МПа	расчетные	рекомендуемые
Винты диаметром, мм: 4	5,81 (145,0 %)	4,463 (127,0 %)	<u>0,688</u>	<u>0,65</u>
			0,788	0,75
6	5,76 (144,0 %)	4,437 (126,2 %)	<u>0,694</u>	<u>0,65</u>
			0,792	0,75
Комбинированное соединение с шайбой «Bulldog»	4,78 (119,5 %)	3,938 (112,0 %)	<u>0,836</u>	<u>0,80</u>
			0,892	0,85
Жесткое (клеевое) соединение	4,00 (100,0 %)	3,515 (100,0 %)	<u>1,00</u> 1,00	<u>1,00</u> 1,00

В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением сдвиговой жесткости связей коэффициент приведения обшивки для таврового сечения уменьшается: $0,872 < 0,891 < 0,936 < 0,942$ (см. табл. 1). Однако значения нормальных сжимающих напряжений резко увеличиваются как для участков обшивки в зоне ребер, так и в середине поперечного сечения. Для рассмотренных типов связей средние значения нормальных (по модулю) напряжений σ_x составили, МПа: 0,212 – для винтов диаметром 4 мм; 0,228 – 6 мм; 0,528 – для комбинированного соединения с когтевыми шайбами «Bulldog»; 0,786 – для жесткого клеевого соединения; максимальные значения напряжений, МПа – соответственно 0,225; 0,243; 593; 0,900. Рост жесткости сдвиговых связей позволяет увеличить коэффициенты составности панели $k_{ж}$ и k_w . Наименьшее значение коэффициентов соответствует панели, в которой ребра и обшивка соединены винтами диаметром 4 мм; применение винтов диаметром 6 мм позволило незначительно увеличить коэффициенты составности соответственно на 0,9 и 0,5 %. Использование комбинированного соединения (винты диаметром 4мм + когтевые шайбы «Bulldog») привело к увеличению данных коэффициентов на 22 и 13 % соответственно. Повышение жесткости связей сдвига уменьшило напряжения в растянутой зоне ребер исследуемых панелей, однако при увеличении диаметра винтов данный «эффект» незначителен (напряжения уменьшились на 0,6 %). При использовании соединений с когтевыми шайбами снижение нормальных напряжений σ_x составило 12 %. С учетом того, что в древесине ребер допускаются различные пороки и дефекты и имеется 4...5 %-е снижение характеристик, можно округлить значения коэффициентов $k_{ж}$ и k_w до рекомендуемых величин, приведенных в табл. 2.

Выводы

1. Увеличение сдвиговой жесткости соединений элементов обшивки и деревянных ребер панели на деревянном каркасе с обшивкой из OSB приводит к росту нормальных напряжений в обшивке, при этом уменьшается степень неравномерности распределения нормальных напряжений, что необходимо учитывать в расчетах.

2. Увеличение диаметра винтов от 4 до 6 мм не выявило существенного (на 2 %) увеличения средних и максимальных нормальных напряжений в обшивке. Применение комбинированных соединений с когтевыми шайбами «Bulldog» привело к значительному (около 40 %) повышению средних и максимальных нормальных напряжений в обшивке панели (по сравнению с соединением на винтах диаметром 4 мм).

3. При использовании нового типа комбинированного соединения степень участия обшивки в общей работе конструкции значительно возрастает, что подтверждают полученные коэффициенты составности. По сравнению с соединением на винтах диаметром 4 мм использование комбинированного соединения с когтевыми шайбами «Bulldog» позволяет увеличить эти коэффициенты на 22 и 13 % и снизить прогиб панели и напряжения в ребрах на 21 и 14 % соответственно.

4. Рекомендуемые значения коэффициентов составности $k_{ж}$ и k_w с учетом возможных пороков и дефектов пиломатериалов можно принять: для соединений с винтами диаметром 4...6 мм – 0,65 и 0,75, для комбинированных соединений с когтевыми шайбами и винтами диаметром 4 мм – соответственно 0,80 и 0,85.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жаданов В.И. Малоэтажные здания и сооружения из совмещенных ребристых конструкций на основе древесины: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2008. 38 с.

2. Кавелин А.С. Исследование работы на сдвиг гвоздевого соединения обшивки и ребра деревянной стеновой панели // Строительство-2014. Современные проблемы промышленного и гражданского строительства: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: Ин-т пром. и гражд. стр-ва, 2014. С. 98–100.

3. Карельский А.В. Технология изготовления составных деревянных конструкций с металлическими зубчатыми пластинами: дисс. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2015. 138 с.

4. Карлсен Г.Г., Большаков В.В., Каган М.Е. Конструкции из дерева и пластмасс. М.: Стройиздат, 1975. 686 с.

5. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Микитаренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. Вычислительный комплекс SCAD. М.: СКАД СОФТ, 2007. 592 с.

6. Лабудин Б.В., Воронков С.А., Гмырина А.П., Русланова А.П. Исследование прочности стеновых панелей на деревянном каркасе для условий Крайнего Севера // Строительная наука – XXI век. Теория, образование, практика, инновации – Северо-Аркт. региону: сб. тр. Междунар. научно-техн. конф., г. Архангельск, 28–30 июня 2015 г. / Под ред. Б.В. Лабудина. СПб.: Свое издательство, 2015. 457 с.

7. Лабудин Б.В., Мелехов В.И., Хохлунов А.Н. Инженерный расчет ребристых плит покрытия с обшивками из древесно-композиционных материалов // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. № 24. С. 100–103.

8. Попов Е.В., Лабудин Б.В., Мелехов В.И. Испытание на сдвиг элементов деревянных конструкций, соединенных с применением зубчатых шайб «Bulldog» // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Междунар. акад. чтений. Курск: Курск. гос. ун-т, 2015. С. 189–198.

9. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*. М.: ОАО ЦПП, 2011. 80 с.

10. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22–81. М.: Стройиздат, 2011. 88 с.

11. Украинченко Д.А. Деревянные унифицированные панельные конструкции с клеодощатой обшивкой: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2011. 21 с.

12. Черных А.Г., Черных А.С., Коваль П.С., Григорьев К.С. Прочность и жесткость стеновых панелей на деревянном каркасе // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 171.

13. DIN EN 300–2006. Oriented Strand Boards (OSB). Definitions, classification and specifications. German version. EN 300:2006.

14. Grandmont Jean-Frédéric. Measurement of OSB properties and their variability for modeling purposes/ Jean-Frédéric Grandmont, ing. jr.

15. Karacabeyli Erol, Lau P., Henderson C.R., Meakes F.V., Deacon W. Design rated oriented strandboard in CSA standards // Canadian journal of civil engineering. 1996. P. 431–443.

Поступила 15.03.16

UDC 624.078.4+624.011.2

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.4.136

Effect of Shear Connections Rigidity in Calculating the Ribbed Panels on a Wooden Frame

E.V. Popov, Postgraduate Student

V.A. Filippov, Bachelor

V.I. Melekhov, Doctor of Engineering Sciences, Professor

B.V. Labudin, Doctor of Engineering Sciences, Professor

T.V. Tyurikova, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, 163002, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: EPV1989@yandex.ru

Ribbed plates and panels with coatings of leaf (MDF) materials are used in the construction of civil, industrial and agricultural buildings and structures. They are the universal enclosing and supporting structures and can be used as coatings, floorings, wall envelopes. Coating plates serve simultaneously as lintels, flooring, boarding, provide thermal protection of

buildings. They are characterized by commonality, high degree of prefabrication, factory inspection of the strength, acoustic and thermal insulation properties, low density of the used materials that reduce the cost of the building foundations. The plywood cost increases due to the rising cost of the raw materials and low efficiency of the output of finished products. The oriented strand boards – OSB-plates have been used as the cladding panel covers and floorings in recent years. The cost of these plates is below the plywood cost, as their raw material is mostly the wood of the soft-wooded broadleaved species. The article presents a study of the stress-strain state of the panels on a wooden frame with an OSB coatg with the variants of connecting with the ribs. A software computer complex “Scad Office 21.1” is used for the numerical experiment for the strength and deformation analysis of structures by the finite element method. The character of the stress distribution in the flooring panel cover, working as a part of the whole structure, as well as the effect of the shear connections rigidity on the stress distribution in the coating are determined. The effect of shear rigidity of compliant digital connections on the reduction coefficient, characterizing the uneven distribution of normal compressive stresses in the cross-section of a coating is determined; the composition coefficients, taking into account the compliance of connections in determining the deflection and the strength of composite structures, are obtained. The increase in the diameter of the screws without the additional reinforcing elements (claw-type washers) has no significant effect on the proportion of the covering involvement in the activity of the panel in bending. The use of the compounds with claw-type washers “Bulldog” contributes to the effective involvement of the compressed covering in the process.

Keywords: ribbed panel, rigid connection, adhesive bonding, digital connection, dowel joint, strength, deformability, compliance, composition.

REFERENCES

1. Zhadanov V.I. *Maloetazhnye zdaniya i sooruzheniya iz sovmeshchennykh rebriстыkh konstruksiy na osnove drevesiny*: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk [Low-Rise Buildings and Structures of the Combined Ribbed Constructions on the Basis of Wood: Dr. Eng. Sci. Diss. Abs.]. Krasnoyarsk, 2008. 38 p.
2. Kavelin A.S. Issledovanie raboty na sdvig gvozdevogo soedineniya obshivki i rebra derevyannoy stenovoy paneli [Research of the Work on a Shift of the Nailed Connection of Siding and a Rib of a Wooden Wall Panel]. *Stroitel'stvo – 2014. Sovremennye problemy promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Building – 2014. Modern Problems of Industrial and Civil Construction: Proc. Intern. Sci. Pract. Conf.]. Moscow, 2014, pp. 98–100.
3. Karel'skiy A.V. *Tekhnologiya izgotovleniya sostavnykh derevyannykh konstruksiy s metallicheskimy zubchatymi plastinami*: dis. ... kand. tekhn. Nauk [Manufacturing Technology of Composite Wood Structures with Punched Metal Plates: Cand. Eng. Sci. Diss.]. Arkhangelsk, 2015. 138 p.
4. Karlsen G.G., Bol'shakov V.V., Kagan M.E. *Konstruksii iz dereva i plastmass* [Structures of Wood and Plastic]. Moscow, 1975. 686 p.
5. Karpilovskiy B.C., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A., Nikitarenko M.A. Perel'muter A.V., Perel'muter M.A. *Vychislitel'nyy kompleks SCAD* [The Computing Complex SCAD]. Moscow, 2014. 592 p.

6. Labudin B.V., Voronkov S.A, Gmyrina A.P., Ruslanova A.P. Issledovanie prochnosti stenovykh paneley na derevyannom karkase dlya usloviy Kraynego Severa [Research of the Strength of Wall Panels on a Wooden Frame for the Far North]. *Stroitel'naya nauka – XXI vek. Teoriya, obrazovanie, praktika, innovatsii – Severo-Arkticheskomu regionu: sb. tr. Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf., g. Arkhangel'sk, 28–30 iyunya 2015 g.* [Construction Science – XXI Century. Theory, Education, Practice, Innovation to the North-Arctic Region: Proc. Intern. Sci. Eng. Conf., Arkhangel'sk, 28–30 June, 2015]. St. Petersburg, 2015. 457 p.

7. Labudin B.V., Melekhov V.I., Khokhlunov A.N. Inzhenernyy raschet rebristykh plit pokrytiya s obshivkami iz drevesno-kompozitsionnykh materialov [Engineering Calculation of Ridge Cover Plates with the Shells of Wood-Composite Materials]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2009, no. 24, pp. 100–103.

8. Popov E.V., Labudin B.V., Melekhov V.I. Ispytanie na sdvig elementov derevyannykh konstruksiy, soedinennykh s primeneniem zubchatykh shayb “Bulldog” [Testing of the Shear Elements of Wooden Structures, Coupled with the Use of Claw Plates “Bulldog”]. *Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii. Problemy i resheniya* [Security of the Russian Building Fund. Problems and Solutions]. Kursk, 2015, pp. 189–198.

9. *SP 20.13330.2011. Nagruzki i vozdeystviya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.01.07–85** [Building Regulation 20.13330.2011. Loads and Effects. The Updated Edition of SNIp 2.01.07-85 *]. Moscow, 2011. 80 p.

10. *SP 64.13330.2011. Derevyannye konstruksii. Aktualizirovannaya re-daktsiya SNIp II-22–81* [Building Regulation 64.13330.2011. Wooden Structures. The Updated Edition of SNIp II-22-81]. Moscow, 2011. 88 p.

11. Ukrainchenko D.A. *Derevyannye unifitsirovannye panel'nye konstruksii s klee-doshchatoy obshivkoy: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Wooden Unified Panel Constructions with Glued Board Sheathing: Cand. Eng. Sci. Diss. Abs.]. Orenburg, 2011. 21 p.

12. Chernykh A.G., Chernykh A.S., Koval' P.S., Grigor'ev K.S. Prochnost' i zhestkost' stenovykh paneley na derevyannom karkase [The Strength and Stiffness of the Wall Panels on a Wooden Frame]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2012, no. 3. 171 p.

13. *DIN EN 300–2006. Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, Classification and Specifications*. German Version. EN 300:2006.

14. Grandmont Jean-Frédéric. *Measurement of OSB Properties and Their Variability for Modeling Purposes*. 2008.

15. Karacabeyli Erol, Lau P., Henderson C.R., Meakes F.V., Deacon W. Design Rated Oriented Strandboard in CSA Standards. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 1996, pp. 431–443.

Received on March 15, 2016