

## ПРОБЛЕМЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАБОТЫ ИЗГИБАЕМОЙ ПАНЕЛИ ПЕРЕКРЫТИЯ С СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

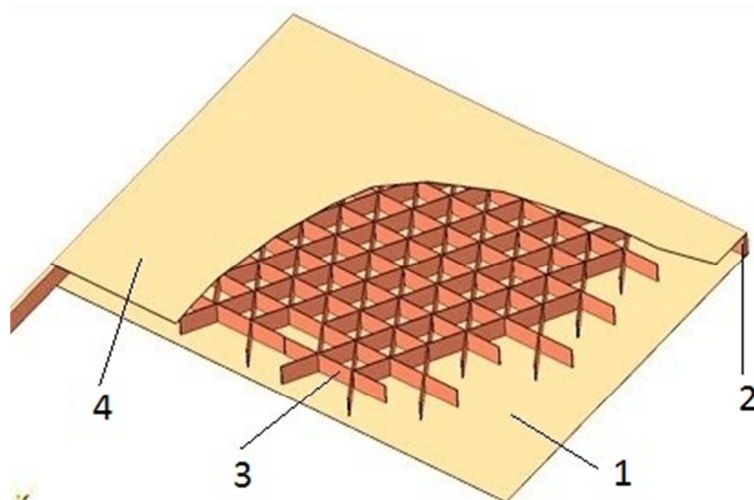
Ладных И.

**Annotation:** The article is devoted to a new type of the plywood honeycomb panel for floor. The report also considers possible numerical model in Ansys Workbench to calculate this panel. The author of the article suggests to compare the results of a numerical and analytical solutions.

**Аннотация:** В данной статье рассматривается панель перекрытия с сотовым наполнителем. Также предлагаются варианты аналитического расчета и проблемы численного моделирования в Ansys Workbench для определения напряженно-деформированного состояния изгибаемой панели перекрытия. Представлены сравнительные результаты численного, аналитического решения.

**Введение.** Главным трендом жилищного строительства является переориентация на рынок малоэтажного жилья [1]. Этому способствуют также различные государственные программы, в частности проект «Малые города», а также развитие агрогородков. При этом рынок строительных услуг не может полностью удовлетворить спрос на жилье эконом-класса. На сегодняшний день рынок в разделе эконом-жилья предлагает только каркасные дома. Основными преимуществами каркасных домов являются, во-первых, достаточно низкая стоимость, что позволяет молодым семьям полностью оплатить постройку дома кредитными средствами, возможно проживание без полной отделки, и достаточно разнообразные проектные решения. Однако они имеют существенные недостатки: сборка дома непосредственно на участке строительства, низкая культура производства, невозможность полного контроля каждого элемента на соответствие требованиям прочности, жесткости, био- и пожаростойкости.

В данной статье предлагается рассмотреть конструктивное решение панели перекрытия с сотовым наполнителем (треугольная ячейка) (рисунок 1), варианты аналитического решения и проблемы при моделировании ее в Ansys Workbench.



1 – внешняя обшивка; 2 – обвязочный брус;  
3 – сотовый наполнитель; 4 – внутренняя обшивка

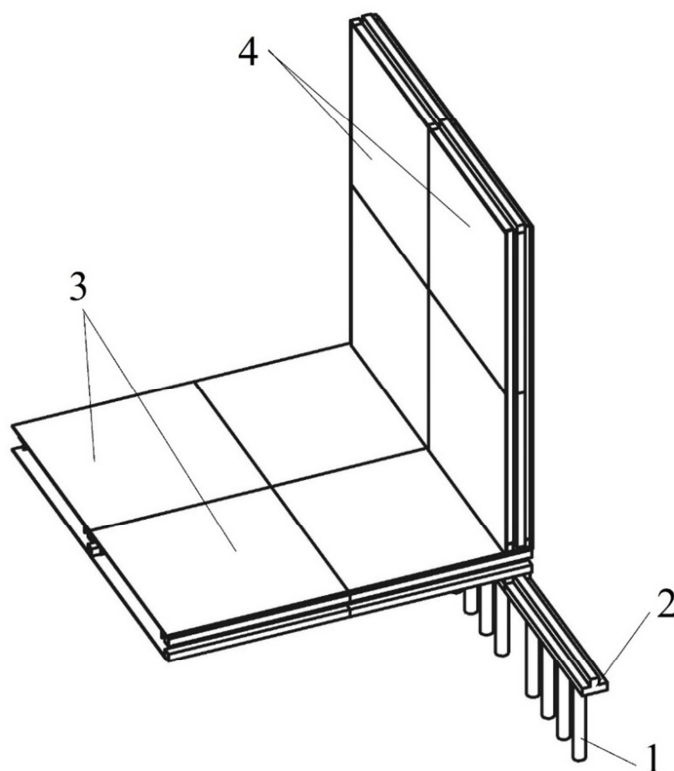
Рисунок 1 – Внешний вид панели

Предполагается, что на основе данных панелей можно будет реализовать продукт под названием «Жилой дом-ЛЕГО эконом-класса». Он позволит молодым семьям приобретать комплект для строительства дома минимально необходимой площади, а позже, с ростом семьи, – докупать комплекты и расширять дом.

**Обзор существующих исследований по данной проблеме.** Сотовые заполнители – одни из самых распространенных заполнителей панели. Широкое применение они нашли в авиастроении, сэндвич-панелях, мебельном и дверном производстве. Сотовые заполнители различаются между собой формой ячейки и непосредственно способом ее производства. Достаточно много исследований в этой области проведено на сегодняшний день в авиастроении. Основоположником теории расчета можно считать А. Я. Александрова [2]. Также значительный вклад внесли Д. Э. Брюккер, Л. М. Куршин, А. И. Ендогур [3], Гофин М. Я. [4], а в строительной отрасли – Б. Е. Шунгский [5], В. А. Иванов, В. Е. Берсудский [6]. При этом до сегодняшнего дня существует ряд проблем, которые не были решены ни в одной теории: для любого нового или видоизмененного вида заполнителя все характеристики необходимо определять только экспериментально; не рассмотрены случаи изготовления сотовых заполнителей на основе анизотропных материалов. Размеры стороны треугольной ячейки сотового заполнителя панели примерно 200 мм. Во всех вышеуказанных теориях ячейки сот не превышали 20 мм, поэтому целесообразным становится вопрос о возможности применения их к рассматриваемым панелям.

**Методы исследования.** Для анализа напряженно-деформированного состояния как конструкции панели перекрытия рассмотрим два метода: теоретический расчет и численное моделирование.

Панель-перекрытие будет опираться на стеновые панели по двум коротким сторонам (рисунок 2).



1 – фундамент; 2 – обвязочный брус; 3 – панель-перекрытие; 4 – стеновая панель

**Рисунок 2 – Внешний вид панели**

Для объективной оценки напряженно-деформированного состояния панели-перекрытия с сотовым наполнителем были проведены численные исследования в Ansys Workbench в модуле Static Structural. Моделирование выполнялось по следующим этапам: создание трехмерной модели; задание физико-механических характеристик элементов; задание условий контакта; разбиение модели на конечные элементы; задание силовых факторов.

Создание твердотельной трехмерной модели может выполняться как с реальным моделированием фактического сотового наполнителя, так и с заданием его свойств для сплошного объемного тела. В данной статье автор рассмотрит второй вариант – задаются характеристики, используя сплошное объемное тело.

Параметры фанеры для численного моделирования приняты на основе испытаний фанеры, а также данных, представленных в нормативной и справочной литературе [7]. Основные характеристики фанеры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики материалов, принятые при моделировании

	Модуль упругости, МПа			Коэффициент Пуассона		
	$E_x$	$E_y$	$E_z$	$\nu_{xy}$	$\nu_{xz}$	$\nu_{yz}$
Фанера	12000	540	540	0,37	0,42	0,47
Заполнитель	100000	6000	6000	0,3	0,3	0,03

В таблице 2 представлены численные значения геометрических характеристик панели, которые будут использоваться для дальнейших расчетов с целью проведения сравнительного анализа методик расчета трехслойных клеefанерных панелей с сотовым наполнителем.

Таблица 2 – Общие параметры панели-перекрытия

№ п/п	Условное обозначение	Наименование	Численное значение для примера, ед. изм.
1		длина панели	6100 мм
2		ширина панели	1525 мм
3		толщина панели	140 мм
4	$\delta_{\phi}^o$	толщина фанеры обшивки	7 мм
5	$\delta_{\phi}^p$	толщина фанеры ребер	8 мм

Контакт между обшивками и сотовым наполнителем был задан Bonded. В модели были зафиксированы 2 подставки Fixed Support. Нагрузка задавалась векторно, прикладывалась равномерно распределенной на всю поверхность. Величина полезной нагрузки принимается равной 1,5 кПа, коэффициент надежности по нагрузке принимается равным 1,3 согласно [8]. При расчете по второму предельному состоянию (по деформациям) предельные прогибы конструкций принимают в соответствии со значениями, приведенными в приложении Е [8], и равны —.

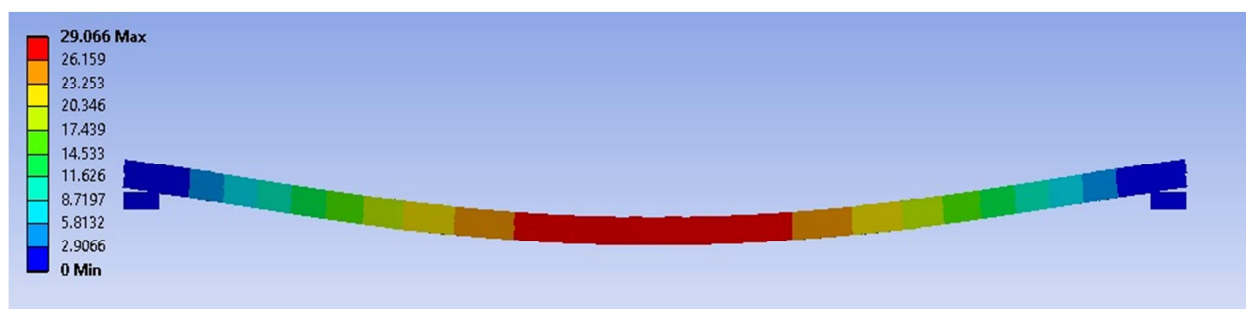


Рисунок 3 – Общие деформации (вид в осях XZ)

Максимальные деформации модели панели-перекрытия составили 29,8 мм и зафиксированы в середине пролета. Минимальные деформации составили 0 мм.

**Результаты и дискуссия.** Рассмотренная панель-перекрытие с сотовым заполнителем может применяться при строительстве малоэтажных жилых домов. Для оценки адекватности результатов предлагается сравнить численные результаты с расчетом, выполненным по методике СНиП [9, 10, 11, 12] и методике расчета сотовых заполнителей, представленных в [13]. В таблице 3 представлены результаты расчетов для проведения сравнительного анализа.

Таблица 3 – Экспериментальные и расчетные значения деформаций

Условное обозначение	Расчет по СНиП	Расчет по методике расчета трехслойных панелей	Численное моделирование
$f$	32,0 мм	24,8 мм	29,8 мм

Из таблицы видно, что результаты моделирования оказались достаточно близкими к результатам натуральных экспериментов и находятся в пределах 5 %. Но для получения более точных результатов и корректировки компьютерной модели и модели расчета необходимо провести натурные испытания панелей-перекрытий.

**Заключение.** Автором выполнено моделирование в Ansys Workbench панели-перекрытия с сотовым заполнителем. Для этого были установлены параметры фанеры на основании экспериментальных и теоретических данных, создана геометрия, заданы граничные условия, а также выполнен расчет общих деформаций, возникающих в панели-перекрытии с сотовым заполнителем.

Проведен сравнительный анализ полученных данных с теоретическими данными.

Для окончательной оценки результатов планируется провести натурные испытания панелей-перекрытий с сотовым заполнителем.

#### Список цитированных источников

1. Николаева, Е. Л. Проблемы и тенденции развития малоэтажного жилищного строительства России / Е. Л. Николаева, В. С. Казейкин, С. А. Баронин, А. Г. Черных, А. Н. Андронов – Москва : Инфрв-М, 2017. – 238 с.
2. Александров, А. Я. Определение приведенных упругих параметров сотовых заполнителей / А. Я. Александров, Э. П. Трофимова // Вопросы расчета элементов авиационных конструкций: сборник статей. – Вып. 2 – Москва : Оборонгиз, 1959. – С. 3–26.
3. Енгдогур, А. И. Сотовые конструкции выбор параметров и проектирование / А. И. Енгдогур, М. В. Вайнберг, К. М. Иерусалимский – Москва : Машиностроение, 1986. – 200 с.
4. Гофин, М. Я. Механика сотовых конструкций: справочник: в 2 томах / М. Я. Гофин, А. А. Иванов – Москва: ТФ «Мир», 2012. – Т. 2.
5. Шунгский, Б. Е. Строительные конструкции с сотовыми заполнителями. – Москва : Стройиздат, 1977. – 113 с.
6. Берсудский, В. Е. Производство слоистых конструкций / В. Е. Берсудский, В. Н. Крысин, С.И. Лесных – Москва : Машиностроение, 1975. – 296 с.
7. Ашкенази, Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов. – Москва : Лесная промышленность, 1978. – 221 с.
8. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*: СП 20.13330.2011. – Москва : ФГУП ЦПП, 2011.
9. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80: СП 64.13330.2011. – Москва : ФГУП ЦПП, 2011.

10. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – Москва : Стройиздат, 1986. – 216 с.
11. Рекомендации по проектированию панельных конструкций с применением древесины и древесных материалов для производственных зданий) / ЦНИИСК им.Кучеренко. – Москва: Стройиздат, 1982. – 120 с.
12. Руководство по проектированию клееных деревянных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. – Москва : Стройиздат, 1977. – 189 с.
13. Ladnykh, I.A. Comparative analysis of methods and results of numerical calculations of plywood panel // MATEC Web of Conferences 26th R-S-P Seminar 2017 Theoretical Foundation of Civil Engineering, RSP 2017. – Vol. 117, article number 00098.

**УДК 51-74**

## **ПОДБОР СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ НА БАЗЕ MATHCAD APPLICATION SERVER**

*Лазарук А. А., Кофанов В. А., Тюшкевич Т. Н.*

***Аннотация:** В современных условиях, когда практически любая компания имеет доступ в Интернет, удобнее, с точки зрения коллективной работы над документами, пользоваться приложениями облачных сервисов. Mathcad Application Server (MAS) позволяет запускать mathcad-документы и обращаться к ним дистанционно через Интернет. Опираясь на технологию MAS разработан ряд вычислительных документов mathcad для строительной отрасли. На примере одного из них рассмотрена автоматизация методики подбора стрелового самоходного крана КС-3571 по его техническим характеристикам. Показано применение разработанных mathcad-документов.*

***Annotation:** In modern conditions, when almost any company has access to the Internet, it is more convenient, in terms of teamwork on documents, to use applications of cloud services. Mathcad Application Server (MAS) allows you to run mathcad-documents and access them remotely via the Internet. Based on MAS technology, a number of mathcad computational documents for the construction industry have been developed. On an example of one of them the automation of the technique of selection of the self-propelled crane КС-3571 on its technical characteristics is considered. The application of developed mathcad-documents is shown.*

**Введение.** Стреловые самоходные краны представляют собой стреловое или башенно-стреловое крановое оборудование, смонтированное на самоходном гусеничном или пневмоколесном шасси. Такие краны являются основными грузоподъемными машинами на строительных площадках и трассах строительства различных коммуникаций [1].

Во время производства работ кран может оснащаться основным и сменным оборудованием в виде стрелы. Основное стреловое оборудование обеспечивает наибольшую грузоподъемность крана при требуемом вылете от ребра опрокидывания и высоте подъема крюка. Наибольшая грузоподъемность соответствует наименьшему вылету стрелы. С увеличением вылета грузоподъемность уменьшается. Зависимость грузоподъемности и высоты подъема груза от вылета стрелы называется грузовой характеристикой крана и изображается графически в виде кривых (рисунок 1), которые даются в паспортах кранов.