

DOI: 10.34031/article_5da465e18130c2.46410279

^{1,*}Никитина И.П., ¹Поляков А.Н., ²Уткин И.А.¹Оренбургский государственный университет

Россия, 430005, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13

²ООО «Газпром переработка», Оренбургский газоперерабатывающий завод

Россия, 460068, Оренбургская обл., г. Оренбург, пос. Холодные Ключи

*E-mail: innanikitina@list.ru

УСТАНОВКА ФОРМОВАНИЯ ДРЕВЕСНО-БЕТОННЫХ ПЛИТ

Аннотация. В статье представлен подход к созданию сложных механических систем, заключающийся в сочетании автоматизированных систем проектирования различного типа, что дает возможность не только реализовывать многовариантное проектирование с использованием САД-систем, но и, используя возможности САЕ-систем, добиваться оптимальности конструкторских решений по нескольким критериям одновременно, т.е. решать многокритериальную задачу проектирования. В работе представлены новые конструкторские решения, направленные на повышение производительности установки для формования древесно-бетонных плит. Произведены расчеты и представлены конструкции: поворотных колесных стоек, которые обеспечивают перемещение установки в двух взаимно перпендикулярных направлениях; бункера-дозатора; конвейера, распределяющего и сбрасывающего готовый раствор в опалубку с помощью двух пневматических цилиндров; рамы установки формования плит; рамы бункера-дозатора; рамы конвейера. Приведены результаты инженерного анализа рам установки формования плит, бункера-дозатора и конвейера. Инженерный анализ проводился в САЕ-системе ANSYS. Инженерный анализ включал пять видов расчетов: расчет на жесткость с условиями жесткого и упругого закрепления; модальный; динамический; тепловой и термомодеформационный. Анализ полученных результатов расчетов позволил сделать заключение о незначительности статической и динамической деформации рам. Оценка термомодеформационного состояния элементов несущей системы установки для формования древесно-бетонных плит показала, что величина температурных перемещений является сопоставимой с динамическими.

Ключевые слова: формование плит, трамбующее устройство, бункер-дозатор, опалубка, тепловые характеристики, модальный анализ, динамический расчет, САД-система, САЕ-система.

Введение. Древобетон «Арболит» – это один из видов легкого бетона, в состав которого входит древесная щепа, высокосортный цемент, химические добавки и вода. Необходимость химических добавок в составе древобетона связана с тем, что в органической составляющей нужно нейтрализовать остаточный сахар, чтобы повысить сцепление дробилки и цемента, а также улучшить свойства конечного материала, такие как пористость, ускорение твердения, бактерицидность и т. д.

Экономическая эффективность использования такого вида отходов доказана ведущими предприятиями по изготовлению древобетона [1–3]. Немаловажную роль в данном вопросе играет и рациональность использования леса. Основной составляющей для изготовления древобетона, как уже упоминалось выше, являются древесные отходы столярного и мебельного производства, из которых на выходе получается щепа необходимого размера.

Одним из важнейших преимуществ древобетона является его экологичность [4]. Это безопасный для здоровья человека строительный материал. Состав и производство его также абсолютно безопасны, в том числе и для окружающей

среды [5–8]. По сравнению с кирпичом и керамзитобетонными блоками, в которых присутствуют минеральные заполнители, «Арболит» обладает теплоизоляционными и звукоизоляционными свойствами и малым весом. «Арболит» не подвержен биологическому разрушению, низкая теплопроводность материала не требует дополнительного утепления; материал также является огнеупорным [9]. Аналогов древобетону среди других строительных материалов по сочетанию свойств и технических характеристик – нет. Это строительный материал, соединивший в себе лучшие свойства дерева и камня [10–12].

Важным фактором в обеспечении высокого качества древобетона является технология производства. Все производство панелей включает в себя пять этапов: производство древесной щепы; деминерализация сырья; смешивание с цементом; формовка с прессованием; «созревание».

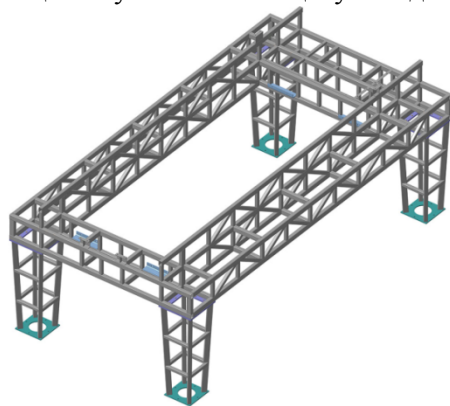
Производство «Арболита» невозможно без древесной щепы, которая получается после дробления древесины в специальной машине. Важнейшим условием применения щепы в производстве древобетона является воздействие воздуха. Открытое пространство до 6 месяцев рекомендуется щепе для нейтрализации содержащихся в

ней сахаров. Чтобы сократить время нейтрализации сахаров, щепу можно замочить в специальном химическом составе на срок не менее суток. Качество химических добавок также должно быть высоким, чтобы в конечном счете получить качественный материал. Последовательность добавления составляющих также играет немаловажную роль в создании древобетона высокого качества. Смесь должна быть замешана в смесителе принудительного типа.

Прессование – важный процесс в производстве плит. Обычно прессование (уплотнение) бетона осуществляется вручную – штыкование и трамбование (выполняемые ручными инструментами). Время, затрачиваемое на прессование должно составлять не более 20 секунд, иначе на выходе получится слоеная смесь из цемента и щепы, а не «Арболит». Поэтому процесс трамбования должен быть механизирован.

Объект исследований. В данной работе представлен один из вариантов [13, 14, 15] установки формования плит, используемых в дальнейшем для малоэтажного строительства. Разработка проекта установки выполнялась в САД-системе «КОМПАС-3D» (рис. 1).

Рама установки формования плит (рис. 2, а) используется как несущая система для бункера-дозатора, конвейера с опрокидывающим устройством и трамбуемого устройства. Для возможности перемещения установки по цеху от одной



а)

опалубки к другой установка оснащена двумя типами колесных стоек: ведущими и ведомыми (рис. 2 б). Соответствующего типа колесные стойки расположены по диагонали (рис. 1).

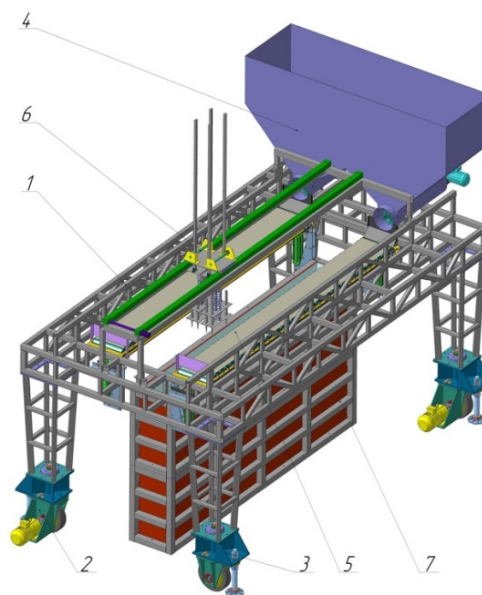
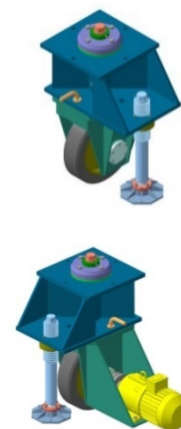


Рис. 1. Общий вид установки: 1 – рама установки формования плит; 2 – ведущая колёсная стойка; 3 – ведомая колёсная стойка; 4 – бункер-дозатор; 5 – конвейер с опрокидывающим устройством; 6 – трамбующее устройство; 7 – опалубка



б)

Рис. 2. Рама установки формования плит (а) с колесными стойками (б)

Каждая из ведущих колесных стоек оснащена отдельным мотор-редуктором, который через упругую муфту передает движение на колесо и приводит в движение всю установку формования плит. Колесная стойка имеет поворотную часть, которая обеспечивает фиксированный поворот колеса на 90° и, тем самым, перемещение установки в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Ведомые колесные стойки не имеют привода.

Бункер-дозатор, установленный на установке формования плит, выполняет функцию накопления, хранения и дозирования уже готового раствора для формования плит (рис. 3, а). Бункер оснащен двигателем с эксцентриком, закрепленным на задней стенке бункера. В данном случае двигатель выполняет роль вибратора. Вибратор нужен для того чтобы готовая смесь, состоящая из перемешанного с водой цемента и древесной щепы, не налипала на стенки бункера,

а стекала вниз за счет вибрации. Бункер-дозатор крепится на раме с помощью приваренных к ней кронштейнов и присоединяется с помощью болтов к основной раме установки формирования плит. В нижней части бункера установлены два шнека

(рис. 3, а), вращающиеся с фиксированной скоростью и тем самым выталкивают раствор через выходное отверстие на конвейер, где смесь распределяется по всей поверхности.

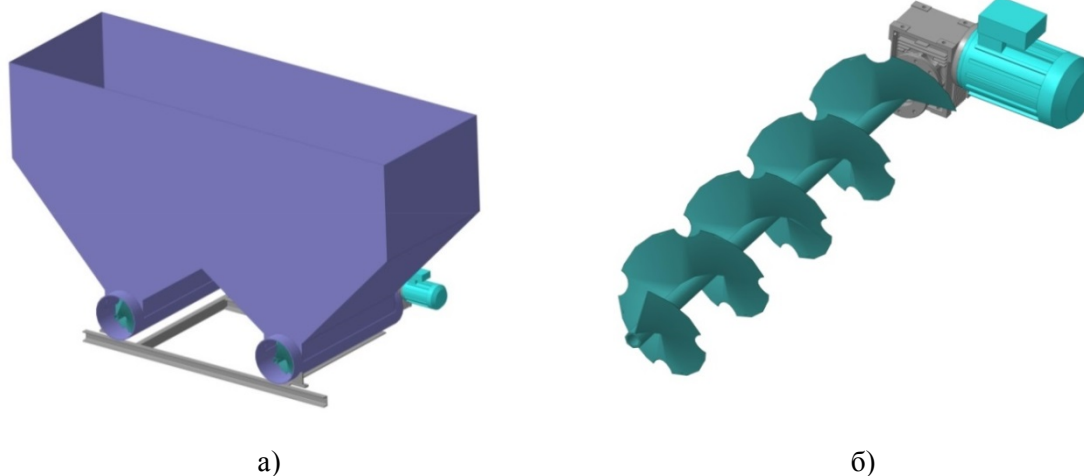


Рис. 3. Бункер-дозатор с рамой (а) и шнеками с приводом (б)

Подача материала в опалубку осуществляется двумя конвейерами с опрокидывающими устройствами (рис. 4, а). Эти конвейеры расположены вдоль рамы установки формирования плит зеркально друг к другу относительно середины установки. Назначение данных конвейеров – это распределение, накопление на поверхности конвейера готовой смеси для формирования плит и опрокидывания распределенной готовой массы в

опалубку. Смесь поступает из бункера дозатора за счет вращения приводных барабанов и перемещения ленты. Опрокидывание осуществляется за счет двух пневмоцилиндров, расположенных по краям конвейера. Опрокидывание конвейера осуществляется за счет двух пневматических цилиндров. Привод конвейера выполнен в виде мотора-барабана (рис. 4, б).

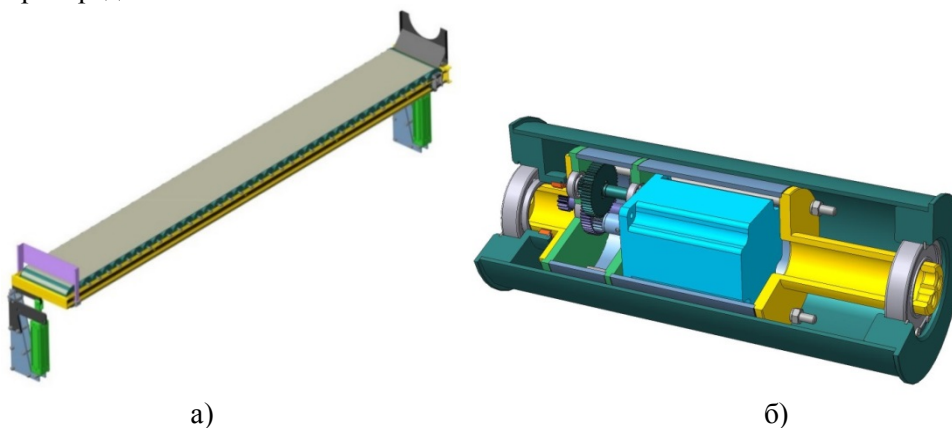


Рис. 4. Конвейер (а) с мотор-барабаном (б)

Трамбующее устройство (рис. 5, а) используется для уплотнения бетонной смеси после подачи ее на место укладки для удаления из нее воздушных пузырьков и придание ей максимальной плотности. За счет имеющейся пружины трамбователь (рис. 5, б) находится в постоянно напряженном состоянии. Усилие для трамбования передается за счет имеющегося «пневмомускула». Когда трамбователь занял позицию в начальном положении, штыри находятся в выдвинутом положении. С частотой в 2 Гц трамбующее устройство трамбует материал. После первого удара и

возвращения в начальное положение, за счет имеющихся пневмоцилиндров, штыри втягиваются в направляющую. Второй удар производится без участия штырей и материал еще сильнее уплотняется. Завершив трамбование, первый трамбователь занимает начальное положение и начинает работу второй трамбователь. После того как оба трамбователя завершили трамбование в начальном положении, они перемещаются на нужное расстояние за счет приводов и операции повторяются заново.

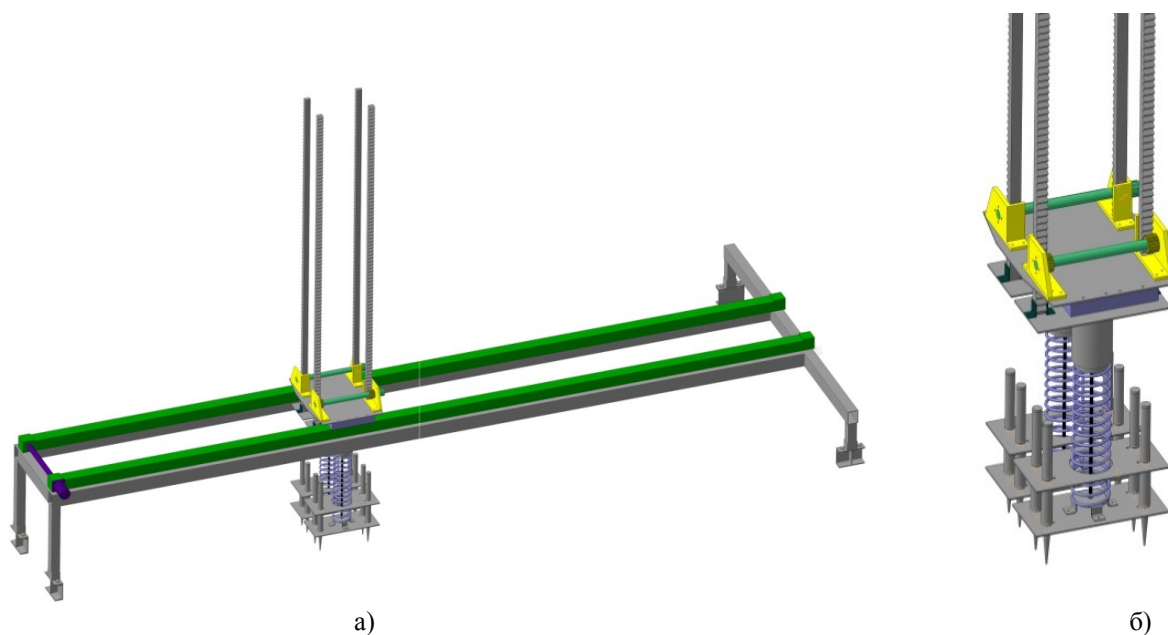


Рис. 5. Трамбующее устройство (а) с трамбователями (б)

Опалубка для формования плит – конструкция из металла и дерева, позволяющая придавать форму и габаритные размеры вязким смесям. В данном случае используется опалубка размерами $3500 \times 1000 \times 400$ (мм). Собирается данная конструкция из квадратных профилей и деревянных листов. Профили для опалубки свариваются, деревянные листы крепятся винтами. Опалубка находится в неподвижном положении, т.к. установка будет передвигаться по цеху. Опалубка должна простоять не менее 30 минут с момента ее полной утрамбовки. Далее разобрав ее, можно передвигать по цеху сформированную плиту. Для складирования готовых плит нужно предварительно выдержать их в прохладном помещении, при этом они не должны соприкасаться. В таком положении плиты должны простоять три дня, после этого их можно складывать одну на другую.

Результаты исследований. Так как для проектируемой конструкции очень важно соотношение «масса/жесткость», то был выполнен инженерный анализ несущей системы установки. Инженерный анализ установки проводился в универсальной САЕ-системе ANSYS. Инженерный анализ включал следующие виды расчетов: на жесткость с условиями жесткого и упругого закрепления в стойках; модальный; динамический; тепловой и термодформационный. В качестве типового конечного элемента использовался стержневой двухузловой элемент BEAM188. Результаты выполненного инженерного анализа позволили выполнить многовариантные расчеты различных конструкторских решений и добиться оптимального соотношения «масса/(статическая и динамическая) жесткость» несущей системы установки.

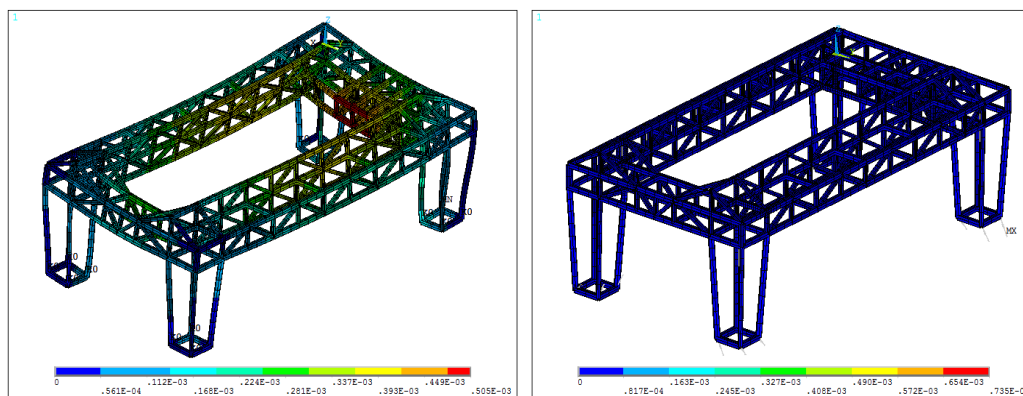
На рис. 6–8 в качестве примера представлен результат расчета рам установки формования плит, бункера-дозатора и конвейера.

Статический расчет несущей системы установки показал, что максимальная величина статических смещений рамы установки формования плит при упругих стойках составила около 0,5 мм, рамы бункера-дозатора – около 0,8 мм и рамы конвейера – около 0,08 мм. Эта величина деформации не влияет на точность изготовления плит и установку бункера-дозатора относительно конвейеров.

Установка формования плит обязательно использует трамбующее устройство, являющееся источником вибраций. Для их оценки был выполнен расчет собственных частот. Динамический расчет в заданном рабочем диапазоне частот позволил построить динамические характеристики [16, 17].

В качестве рабочего диапазона частот рассматривался интервал от 0 до 300 Гц. В этом диапазоне частот проявилось 20 частот. Минимальное значение частоты составило 14 Гц, максимальное – 280 Гц. Использование упругих опор обеспечило колебание несущей системы установки в области низких частот без искажения контура.

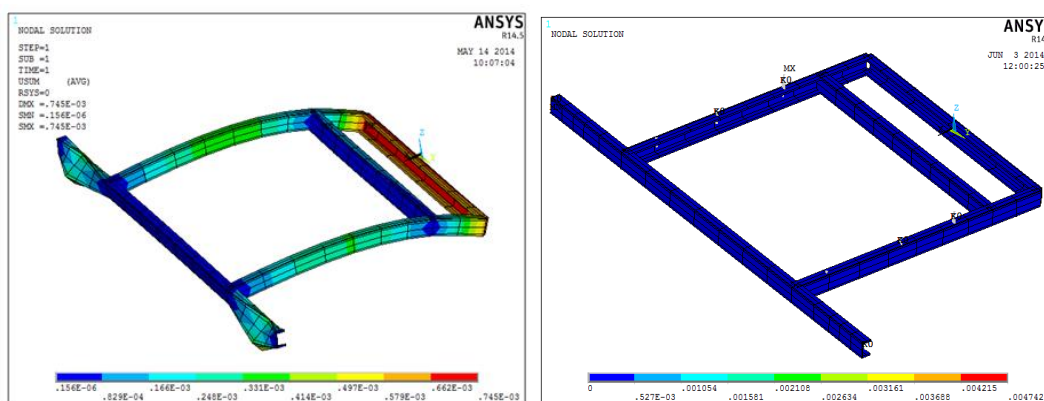
На рис. 9–11 в качестве примера приведены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ), построенные по результатам динамического расчета несущей системы установки в САЕ-системе Ansys для осей: X, Y и Z. Ось X направлена вдоль конвейера, ось Y – поперек, а ось Z соответствует вертикальной оси.



а) результат расчета на жесткость

б) первая мода

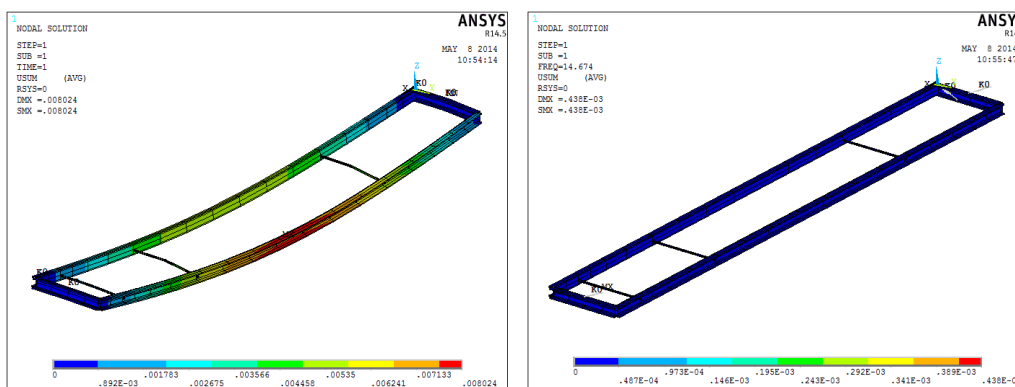
Рис. 6. Результат расчета рамы установки



а) результат расчета на жесткость

б) первая мода

Рис. 7. Результат расчета рамы бункера-дозатора



а) результат расчета на жесткость

б) первая мода

Рис. 8. Результат расчета рамы конвейера

Анализ АЧХ показал, что вдоль разных осей проявляются различные формы колебаний, а одинаковым значимым собственным частотам соответствуют различающиеся по величине амплитуды. Несмотря на то, что для спроектированной установки формования плит динамическая податливость не так критична, как для металлорежущих станков Тем не менее амплитуда динамической податливости имеет значение для надеж-

ного функционирования установки. Анализ амплитуд динамических перемещений, рассчитанных для рамы показал, что только вдоль оси Z их максимальная величина может пиково составить до 1,5 мм. Однако, максимальная частота вращения, установленных на установке двигателей, не превышает 1500 об/мин. Принимая во внимание, 40 %-ый размер неопределенности (+/- 20 %), нетрудно установить, что критичным диапазоном частот является область определения в пределах

от 20 до 30 Гц. Динамическая амплитуда колебаний в этой области частот не превышает 0,5 мм, что является вполне допустимым для такой конструкции. Аналогично для рамы бункера-дозатора в этом же диапазоне частот пиковые значения были установлены в пределах 10 мм. Так как ранее было отмечено, что для бункера важнейшим свойством является отсутствие налипания готовой смеси на его стенки, поэтому большая амплитуда колебаний полностью отвечает этому требованию. Рама конвейера испытывает колебания только вдоль оси Y. Их величина не превышает 1 мм.

Установка формирования древесно-бетонных плит не относится к высокоточной технике. Однако, множество установленных на ней электродвигателей, являющихся постоянными тепло-

выми источниками, обязательно приводит к тепловым деформациям. Чрезмерная величина которых может вызвать заклинивание в отдельных ответственных узлах конструкции и вызвать функциональный отказ установки. Поэтому для рамы установки был проведен анализ теплового и термодформационного состояний. Для расчета температурного поля установки были заданы условия формирования конвективного теплообмена и тепловых потоков. Термодформационный расчет – это расчет деформированного состояния, вызванного сложившимся тепловым состоянием. Количественный анализ сформированного термодформационного состояния показал незначительные температурные перемещения (менее 0,5 мм), сопоставимые с амплитудами динамических перемещений, причем только вблизи тепловых источников.

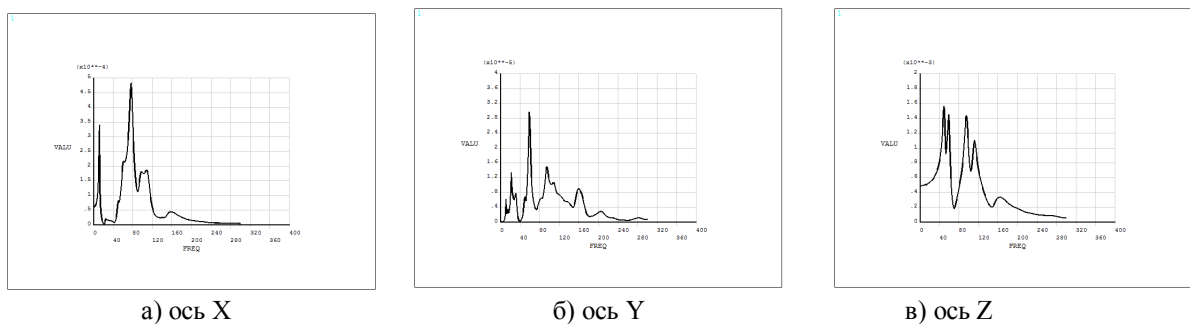


Рис. 9. Амплитудно-частотная характеристика рамы установки

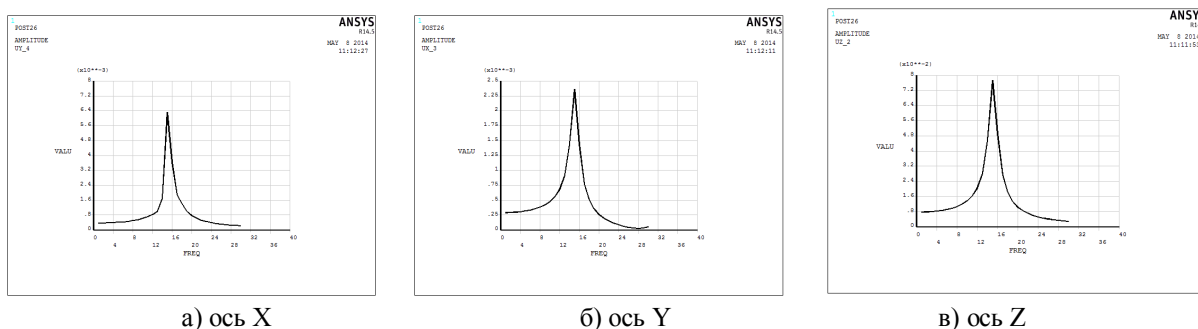


Рис. 10. Амплитудно-частотная характеристика рамы бункера-дозатора

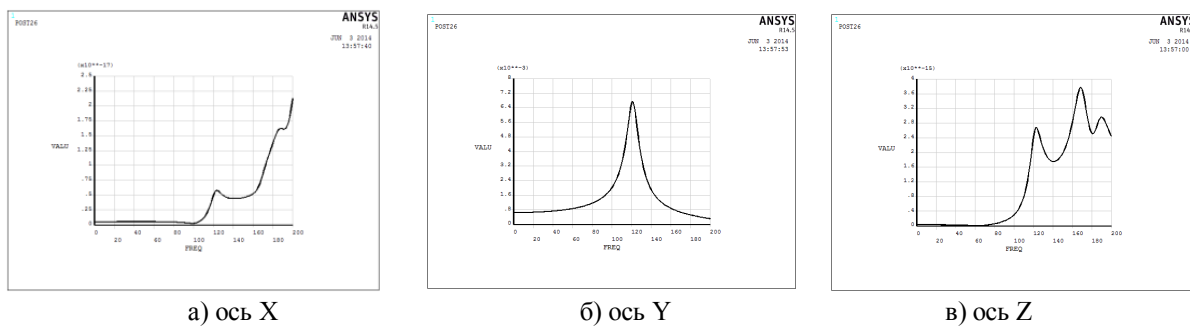


Рис. 11. Амплитудно-частотная характеристика рамы конвейера

Выводы. Таким образом, представленный в работе подход к созданию сложных механиче-

ских систем, заключающийся в сочетании автоматизированных систем проектирования различного типа, дает возможность не только создавать

многовариантное проектирование с использованием САЕ-систем, но и, используя возможности САЕ-систем, добиваться оптимальности конструкторских решений по нескольким критериям одновременно, т.е. решать многокритериальную задачу проектирования. Развитием работы может стать использование при проектировании несущей системы установки специальных процедур оптимизации, доступных сегодня в наиболее продвинутых САЕ-системах.

Источник финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (Российский фонд фундаментальных исследований) и Оренбургской области в рамках научного проекта № 19-48-560001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алёхина Е.А. Оценка конкурентоспособности стеновых панелей из арболита для малоэтажных зданий // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, 2015. № 3 (113). С. 43–46.
2. Чигвинцева Т.С., Тарасенко Е.А., Леонова А.Н. Арболитовые блоки как новый материал // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 3 (20). С. 609–613.
3. Андриенко В.В., Пашкова М.Е. Арболитовые блоки и их применение / Безопасный и комфортный город: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. // Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева (Орел, 27 сентября 2018 г.), Орел: Изд-во ОГУ им. И.С. Тургенева, 2018. С. 70–72.
4. Рубинская А.В., Чистова Н.Г., Зырянов М.А. Экологическая оценка получения модифицированного строительного материала на основе древесины // Научные труды SWorld. 2015. Т. 6. № 1 (38). С. 22–27.
5. Шапарин В.Д., Самошин А.П. Арболит. Производство и его преимущества // Молодежный научный вестник. 2017. № 5 (17). С. 160–164.
6. Матыева А.К. Модифицированный арболит из местного сырья Кыргызской Республики по энергосберегающей технологии для ограждающих конструкций зданий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 4. С. 33–37.
7. Сорокин Д.С., Береговой В.А. Многокомпонентные вяжущие для бетонов на легких целлюлозосодержащих заполнителях // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 305–308.
8. Ягубкин А.Н., Бозылев В.В. Обоснование механизма повышения прочностных показателей арболита с направленной укладкой заполнителя // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки. 2012. № 8. С. 63–66.
9. Толстой А.Д., Коломацкий А.С., Коломацкий А.С., Овсянников С.И. Древобетон на основе техногенного сырья / Современные технологии деревообрабатывающей промышленности: сб. материалов Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (Белгород, 15–16 февраля 2018 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. С. 296–301.
10. Xu R., He T., Da Y., Liu Y., Li J., Chen C. Utilizing wood fiber produced with wood waste to reinforce autoclaved aerated concrete // Construction and Building Materials. 2019. Vol. 208. Pp. 242–249.
11. Lia M., Khelifab M., El Ganaoui M. Mechanical characterization of concrete containing wood shavings as aggregate // International Journal of Sustainable Built Environment. 2017. Vol. 6(2). Pp. 587–596.
12. Akkaoui A., Caré S., Vandamme M., Experimental and micromechanical analysis of the elastic properties of wood-aggregate concrete // Construction and Building Materials. 2017. Vol. 134. Pp. 346–357.
13. Бозылев В.В., Лисовский А.Л., Ягубкин А.Н. Промышленное внедрение технологии колебательного уплотнения арболита // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки. 2015. № 8. С. 97–102.
14. Тюлькин Д.В. Разработка нового типа установки для производства арболита // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 8 (74). С. 5–8.
15. Дубовицкий С.И., Шитова И.Ю. Технологическая линия по производству арболитовых блоков // Молодежный научный вестник. 2017. № 10 (23). С. 60–64.
16. Поляков А.Н., Каменев С.В. Расчет базовых деталей станков в системе ANSYS: учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2006. 112 с.
17. Поляков А.Н., Каменев С.В., Романенко К.С. Расчет несущих систем станков в САЕ-системе Ansys: учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2013. 191 с.

Информация об авторах

Никитина Инна Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов. E-mail: innanikitina@list.ru. Оренбургский государственный университет, Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Поляков Александр Николаевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов, профессор. E-mail: anp_temos@mail.ru. Оренбургский государственный университет, Россия, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Уткин Иван Анатольевич, инженер-конструктор. E-mail: akimsk@gmail.com ООО "Газпром переработка", Оренбургский газоперерабатывающий завод, проектно-конструкторское бюро. Россия, 460068, Оренбургская обл., г. Оренбург, пос. Холодные Ключи.

Поступила в июле 2019 г.

© Никитина И.П., Поляков А.Н., Уткин И.А., 2019

^{1,*}*Nikitina I.P.*, ¹*Polyakov A.N.*, ²*Utkin I.A.*

¹*Orenburg State University.*

Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13

²*LLK «Gazprom pererabotka», Orenburg gas processing plant, design Bureau.*

Russia, 460068, Orenburg region, Orenburg, village Holodnye Klyuchi

**E-mail: innanikitina@list.ru*

INSTALLATION OF FORMING WOOD-CONCRETE PLATES

Abstract. *The article presents an approach to the creation of complex mechanical systems, consisting in a combination of automated design systems of various types. This allows not only implementing multivariate design using CAD-systems, but also achieving optimal design solutions for several criteria simultaneously using CAE-systems. Thus, a multi-criteria design problem can be solved. The article presents new design solutions aimed at improving the performance of the installation for the molding of wood-concrete plates.*

Calculations are made and the designs are presented: rotary wheel racks, which provide movement of the unit in two mutually perpendicular directions; dosing hopper, a conveyor that dispenses and discharges the finished mortar into the formwork using two pneumatic cylinders; plate forming installation frames; batch hopper frames; conveyor frame. The results of the engineering analysis of the frames for the installation of plate molding, metering hopper and conveyor are presented. Engineering analysis was carried out in the ANSYS CAE system. Engineering analysis included five types of calculations: the calculation of stiffness with the conditions of rigid and elastic fastening; modal; dynamic; thermal and thermal-deformational. The analysis of the obtained calculation results allowed making a conclusion about the insignificance of static and dynamic deformation of the frames. The assessment of the thermal deformation state of the elements of the carrier system of the installation for molding wood-concrete plates showed that the magnitude of the temperature displacements is comparable to the dynamic ones.

Keywords: *plate molding, ramming device, hopper, formwork, thermal characteristics, modal analysis, dynamic calculation, CAD-system, CAE-system.*

REFERENCES

1. Alyohina E.A. Evaluation of the competitiveness of wall panels of wood concrete for low-rise buildings [Ocenka konkurentosposobnosti stenovykh panelej iz arbolita dlya maloetazhnykh zdaniy]. Vestnik Donbasskoj nacional'noj akademii stroitel'stva i arhitektury. 2015. No. 3 (113). Pp. 43–46. (rus)
2. CHigvinceva T.S., Tarasenko E.A., Leonova A.N. Arbolite blocks as a new material [Arbolitovye bloki kak novyj material]. Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki. 2018. No. 3 (20). Pp. 609–613.
3. Andrienko V.V., Pashkova M.E. Arbolitovy blocks and their application [Arbolitovye bloki i ih primeneniye]. Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii "Bezopasnyj i komfortnyj gorod". Orlovskij gosudarstvennyj universitet imeni I.S. Turge-neva. 2018. Pp. 70–72. (rus)
4. Rubinskaya A.V., Chistova N.G., Zyryanov M.A. Environmental assessment of obtaining a modified wood-based building material [Ekologicheskaya ocenka polucheniya modifitsirovannogo stroitel'nogo materiala na osnove drevesiny]. Nauchnye trudy SWorld. 2015. Vol. 6. No. 1 (38). Pp. 22–27. (rus)
5. SHaparin V.D., Samoshin A.P. Wood concrete. Production and its advantages [Arbolit. Proizvodstvo i ego preimushchestva]. Molodezhnyj nauchnyj vestnik. 2017. No. 5 (17). Pp. 160–164. (rus)
6. Matyeva A.K. Modified wood concrete from local raw materials of the Kyrgyz Republic on energy-saving technology for building envelopes [Modifitsirovannyj arbolit iz mestnogo syr'ya kyr-gyzskoj respubliky po energosberegayushchej tekhnologii dlya ograzhdayushchih konstrukcij

zdaniy]. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy. 2019. No. 4. Pp. 33–37. (rus)

7. Sorokin D.S., Beregovoj V.A. Multicomponent binders for concrete on light cellulose-containing aggregates [Mnogokomponentnye vyazhushchie dlya betonov na legkih cellyulo-zosoderzhashchih zapolnitelyah]. Molodoj uchenyj. 2015. No. 8 (88). Pp. 305–308. (rus)

8. Yagubkin A.N., Bozylev V.V. Justification of the mechanism for improving the strength characteristics of wood concrete with directional packing of aggregate [Obosnovanie mekhanizma povysheniya prochnostnyh pokazatelej arbolita s napravlennoj ukladkoj zapolnitelya]. Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F: Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2012. No. 8. Pp. 63–66. (rus)

9. Tolstoj A.D., Kolomackij A.S., Kolomackij A.S., Ovsyannikov S.I. Wood based on technogenic raw materials [Drevobeton na osnove tekhnogenogo syr'ya]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya onlajn-konferenciya "Sovremennye tekhnologii derevoobrabatyvayushchej promyshlennosti". Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2018. Pp. 296–301. (rus)

10. Xu R., He T., Da Y., Liu Y., Li J., Chen C. Utilizing wood fiber produced with wood waste to reinforce autoclaved aerated concrete. Construction and Building Materials. 2019. Vol. 208. Pp. 242–249.

11. Lia M., Khelifab M., El Ganaoui M. Mechanical characterization of concrete containing wood shavings as aggregate. International Journal of

Sustainable Built Environment. 2017. Vol. 6(2). Pp. 587–596.

12. Akkaoui A., Caré S., Vandamme M., Experimental and micromechanical analysis of the elastic properties of wood-aggregate concrete. Construction and Building Materials. 2017. Vol. 134. Pp. 346–357.

13. Bozylev V.V., Lisovskij A.L., Yagubkin A.N. Industrial introduction of the technology of oscillatory compaction of arbolit [Promyshlennoe vnedrenie tekhnologii koleba-tel'nogo uplotneniya arbolita]. Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F: Stroitel'stvo. Prikladnye nauki. 2015. No. 8. Pp. 97–102. (rus)

14. Tyul'kin D.V. Development of a new type of plant for the production of wood concrete [Razrabotka novogo tipa ustanovki dlya proizvodstva arbolita]. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2017. No. 8 (74). Pp. 5–8. (rus)

15. Dubovickij S.I., Shitova I.YU. Arbolite production line [Tekhnologicheskaya liniya po proizvodstvu arbolitovyh blokov]. Molodezhnyj nauchnyj vestnik. 2017. No. 10 (23). Pp. 60–64. (rus)

16. Polyakov A.N., Kamenev S.V. The calculation of the basic parts of machine tools in the system ANSYS: a tutorial [Raschet bazovyh detalej stankov v sisteme ANSYS: uchebnoe posobie]. Orenburg: OGU. 2006. 112 p. (rus)

17. Polyakov A.N., Kamenev S.V., Romanenko K.S. The calculation of the bearing systems of machines in the CAE-system Ansys: a tutorial [Raschet nesushchih sistem stankov v CAE-sisteme Ansys: uchebnoe posobie]. Orenburg: OGU. 2013. 191 p. (rus)

Information about the authors

Nikitina, Inna P. PhD, Assistant professor. E-mail: innanikitina@list.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Polyakov, Aleksandr N. PhD, Professor. E-mail: anp_temos@mail.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, av. Pobedy, 13.

Utkin, Ivan A. Design engineer. E-mail: akimsk@gmail.com. LLK «Gazprom pererabotka», Orenburg gas processing plant, design Bureau. Russia, 460068, Orenburg region, Orenburg, village Holodnye Klyuchi.

Received in July 2019

Для цитирования:

Никитина И.П., Поляков А.Н., Уткин И.А. Установка формирования древесно-бетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 9. С. 137–145. DOI: 10.34031/article_5da465e18130c2.46410279

For citation:

Nikitina I.P., Polyakov A.N., Utkin I.A. Installation of forming wood-concrete plates. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 9. Pp. 137–145. DOI: 10.34031/article_5da465e18130c2.46410279