

4. Определение характеристик многослойных панелей кузова автобуса / А. С. Вашурин [и др.] // Вестник ИжГТУ. – 2012. – № 1. – С. 4–7.

5. Анализ экспериментальных методов оценки прочности силовой структуры транспортных средств категории «МЗ», предусмотренных правилами ЕЭК ООН № 66, и корректная постановка задачи математического моделирования / И. В. Ким [и др.] // ААИ. – 2010. – № 3. – С. 32–36.

*A. S. Vashurin*, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev

*L. N. Orlov*, DSc in Engineering, Professor, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev

*A. V. Tumasov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev

*K. S. Ivshin*, PhD in Engineering, Associate Professor, Udmurt State University

#### Calculative Estimation of the Prospective Bus Passive Safety

*The paper deals with the problem of simulating the bus rollover and estimation of bus body structure passive safety by results of calculative and experimental study.*

**Key words:** passive safety, test, calculation, dynamic loading, body structure.

УДК 66.011:628.544:678.5

**В. Д. Баширов**, доктор сельскохозяйственных наук, Оренбургский государственный университет

**Е. В. Левин**, кандидат физико-математических наук, член-корреспондент Российской академии медико-технических наук, Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем, Оренбург

**Р. Ф. Сагитов**, кандидат технических наук, Оренбургский государственный университет

**М. З. Гулак**, Оренбургский государственный институт менеджмента

### АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КАНАЛЕ ОДНОШНЕКОВОГО ПРЕСС-ЭКСТРУДЕРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНО-НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК

*В целях подтверждения математической модели распределения температуры по длине прессующего механизма одношнекового экструдера был проведен ряд поисковых экспериментов с применением устройства (замер инфракрасного излучения), регистрирующего температуру с визуальным наблюдением ее изменения (тепловизор).*

**Ключевые слова:** композит, древесно-наполненные пластмассы, целлюлозосодержащий, мономер, лузга, отруби, тепловизор, инфракрасное излучение.

**В** настоящее время существует проблема накопления пластиковых отходов и их последующая переработка, являющаяся весьма актуальной в современном и будущем мире, в том числе и в России. Это заставляет задуматься многих ученых уже на протяжении нескольких десятков лет.

Основными пластиковыми отходами являются полимеры – высокомолекулярные соединения, молекулы (мономеры) которых состоят из большого числа многократно повторяющихся групп атомов, соединенных химическими связями, такие как полипропилен, полиэтилен, полиэтилентерефталат, полиэтилен высокой и низкой плотности.

Опыт стран Запада показывает, что перспективным направлением переработки вторичных полимеров является создание на их основе различных композиций, в частности полимерных древесно-наполненных композитов (древесно-наполненных пластмасс).

Производством древесно-полимерных композитов на основе термопластичных полимеров (ДПКТ) в нашей стране занимаются с 70-х годов прошлого

века многие организации и институты. За прошедшее время были получены определенные теоретические результаты, но до практического применения в производстве дело не дошло до сих пор.

В 80-90-х годах во многих странах (Финляндия, Швеция, Германия, Италия, Голландия, Япония, США) были проведены исследовательские работы, затрачены большие средства на создание соответствующих композиционных материалов, находящихся все более широкое применение в различных отраслях [1].

При этом возникает возможность частичной или полной замены традиционно используемых формальдегидсодержащих смол, являющихся источником длительной миграции в окружающую среду формальдегида, который отнесен к канцерогенным веществам.

Наиболее перспективными методами переработки полимеров в настоящее время являются экструзионные методы.

Экструзионными методами получают как материалы и полуфабрикаты, так и полностью готовые

изделия. Экструзионные продукты из пластических масс, наполненных полимеров и композиционных материалов расширяют свое присутствие практически во всех областях строительства, машиностроения, потребительских товаров – особенно там, где требуются большие объемы выпуска и интенсивные методы производства [1].

Выбор метода переработки полимеров в строительные изделия и соответствующего оборудования определяется физико-механическими и реологическими свойствами перерабатываемого материала. При нагревании полимеры ведут себя различно, и в зависимости от этого их разделяют на две группы – термопластичные и термореактивные.

Термопластичные древесно-полимерные композиционные материалы (ДПКТ) представляют собой новую группу древесно-полимерных композитов, отличающихся от традиционных тем, что в них в качестве полимерной матрицы используются безопасные и распространенные термопластичные полимерные смолы – полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол и др. [2].

Следует отметить, что древесно-полимерные композиционные материалы – искусственные многокомпонентные материалы, состоящие из древесных структурных элементов, соединенных друг с другом полимерной матрицей, включающие при необходимости другие химические добавки и физические структурные элементы.

На кафедре «МАХПП» Оренбургского государственного университета накоплен достаточно богатый опыт по экструдированию растительного и одревесневшего сырья и получению из него продуктов пищевого и кормового назначения.

Экструдировалось как традиционное растительное сырье (зерно), так и одревесневевшее сырье, в котором содержание целлюлозы (клетчатки) и лигнина достаточно высоко и может достигать 50 и более процентов в пересчете на абсолютно сухое вещество. В частности подвергались экструзионной обработке ячмень, пшеничные отруби и лузга гречихи (подсолнечника), и в том числе сосновые опилки, как отдельно, так и в составе различных смесей [3].

Цель наших исследований по получению ДПКТ с использованием смеси из ПЭНД и сосновых опилок – реализация возможности проведения менее энергоемкого процесса экструдирования для получения различных профилей на основе высоконаполненных пластмасс; отработка режимов экструзии; поиск более высокопроизводительных способов их производства.

Необходимо отметить, что многочисленные исследования процесса экструдирования реологически сложных сред показывают, что значительное влияние на основные параметры экструзии оказывает температура внутри канала рабочего органа пресс-экструдера [4].

Ранее проводимые многочисленные исследования получения ДПКТ показали, что влияние изменения температуры в разных зонах цилиндра на изменение температуры расплава будет весьма различным.

Изменение температуры в зонах, расположенных ближе к экструзионной головке, будет проявляться на температуре расплава в гораздо большей мере, чем изменение в начальных зонах экструдера [3].

Необходимо отметить, что отличительной особенностью и недостатком всех предыдущих исследований и предлагаемых моделей распределения температуры по длине прессующего механизма было то, что модели температурного распределения подвергались верификации путем точечных измерений.

В целях подтверждения математической модели распределения температуры по длине прессующего механизма одношнекового экструдера был проведен ряд поисковых экспериментов с применением устройства (замер инфракрасного излучения) регистрирующего температуру с визуальным наблюдением ее изменения (тепловизор).

Для проведения экспериментальных исследований процесса экструдирования наполненных пластмасс использовалась лабораторная установка на базе пресс-экструдера ПЭШ-30/4.

Внешний вид установки показан на рис. 1. Установка состоит из шкафа-станции 4, на которой монтируются основные узлы. Сырье подается в загрузочный бункер 1. Прессующий механизм состоит из корпуса 7, шнека 8 и головки 6. Вращение шнека осуществляется при помощи электродвигателя 9 и приводной станции 2. На конце шнека установлена сменная гомогенизирующая насадка. Корпус разборный, состоит из двух цилиндрических сегментов, соединенных между собой, с головкой и с основанием фланцами, имеющими по шесть болтов М12. Шнек съемный подсоединяется к приводу за счет вильчатого зацепления. Пуск и остановка экструдера производятся с пульта управления 3.

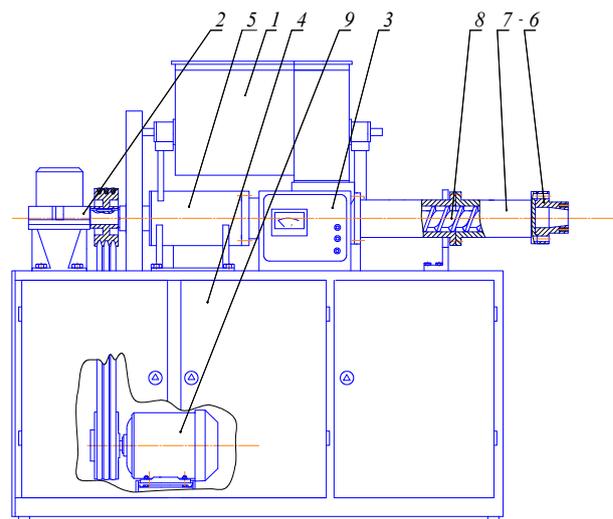


Рис. 1. Общий вид установки

В эксперименте использовался однозаходный шнек с шириной лопасти 7 мм, шагом 40 мм, глубина канала при котором составляла 12,7 мм, и фильерой Ø12 мм и длиной 54 мм. Скорость вращения шнека 30–60 рад/мин<sup>-1</sup>.

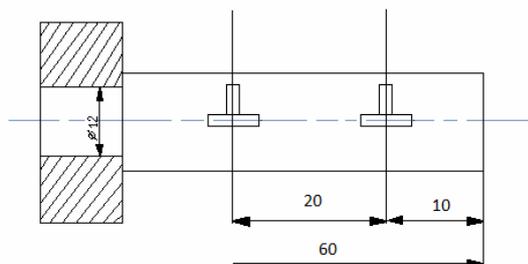


Рис. 2. Фильтра с наклеенными тензометрическими датчиками для экструдирования смеси (20 % ПЭНД и 80 % сосновых опилок)

На основании проведенных ранее исследований в качестве исследуемого сырья была использована смесь ПЭНД и сосновых опилок в процентном соотношении 20:80 соответственно.

Температурному измерению подвергалась цилиндрическая поверхность пресс-экструдера с установленной фильтром с кольцевым сечением.

Основной областью исследований являлись зона пластификации и зона дозирования.

В результате исследований получены следующие изображения распределения температуры по каналу шнека, в матрице, фильтре и на выходе продукта из пресс-экструдера.

Исследования показали, что температура в области загрузки находится в пределах 26–30 °С и по мере продвижения продукта в цилиндрической поверхности к выходу из пресс-экструдера возрастает до 150–180 °С (рис. 3, 4).

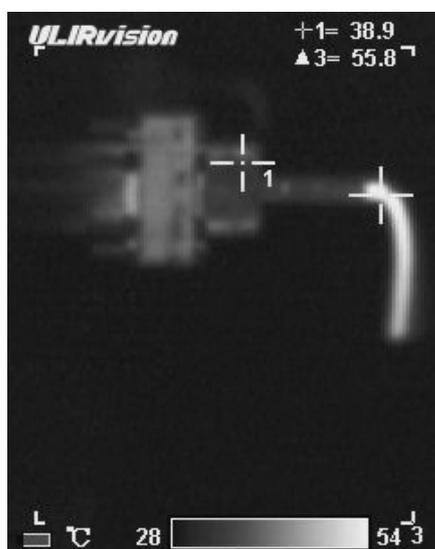


Рис. 3. Распределение температуры по длине прессующего механизма одношнекового экструдера ПЭШ-30/4 до выхода экструдера на режим, при экструдировании смеси (20 % ПЭНД и 80 % сосновых опилок)

Установлено, что первая зона в значительной степени определяет, насколько хорошо осуществляется подача материала в шнек, поэтому изменять ее температуру следует только для настройки подачи материала и практически не имеет смысла регулировать температуру расплава изменением температуры в первых зонах экструдера.

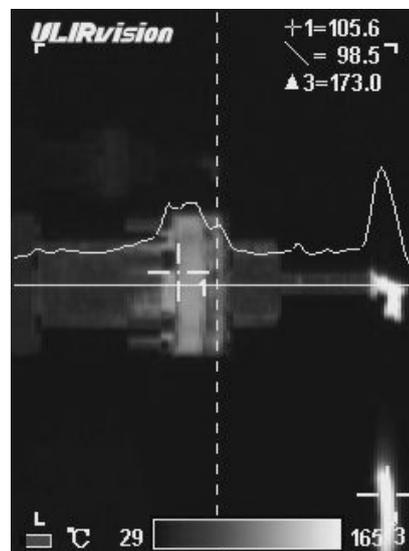


Рис. 4. Распределение температуры по длине прессующего механизма одношнекового экструдера ПЭШ-30/4 при экструдировании смеси (20 % ПЭНД и 80 % сосновых опилок)

Кроме того полученные визуальные результаты показывают, что в типичном экструдере изменение температура продукта будет составлять примерно 20–40 % от изменения температуры в последней зоне цилиндра и матрице.

#### Библиографические ссылки

1. Что такое экструзия: основные понятия и определения. – URL: <http://c-a-m.narod.ru/wpc/abWPC.html>
2. Технология и оборудование производства древесных плит и пластиков / В. А. Баженов [и др]. – М. : Лесная промышленность, 1980. – 240 с.
3. Получение кормовых добавок методом комплексной обработки сырья с повышенным содержанием клетчатки и лигнина / С. В. Антимонов, Р. Ф. Сагитов, В. П. Ханин // Изв. Санкт-Петербургского гос. аграрного ун-та. – 2010. – Вып. 20. – С. 108–113.
4. Шулепов И. А., Доронин Ю. Г. Древесные слоистые пластики. – М. : Лесная промышленность, 1987. – 220 с.

V. D. Bashirov, DSc in Agriculture, Orenburg State University

E. V. Levin, PhD (Physics and Mathematics), Corresponding Member of the Russian Academy of Medical and Technical Sciences, Research and Development Institute of Ecology Problems, Orenburg

R. F. Sagitov, PhD in Engineering, Orenburg State University

M. Z. Gulak, Orenburg State Institute of Management

## Analysis of Temperature Distribution in Single-Screw Extruder Channel when Producing Wood-Filled Polymer Composites with Sawdust

*In order to validate the mathematical model of temperature distribution along the length of the pressing mechanism of a single-screw extruder, a number of exploratory experiments has been carried out using the temperature recording device (infrared radiation measurement) with visual observation of the temperature variation (thermal imaging).*

**Key words:** composite, wood-filled polymers, cellulose-containing, monomer, husk, bran, thermal imager, infrared radiation.

УДК 615.478.32

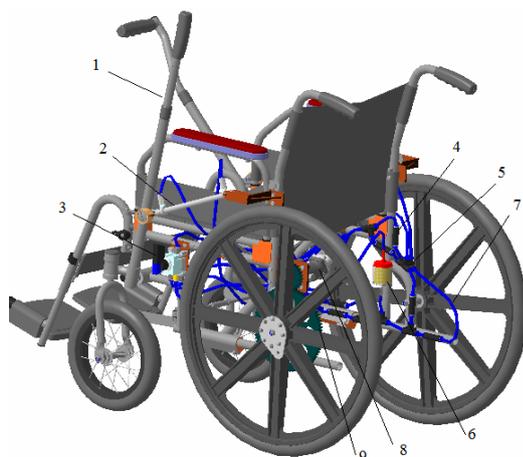
**Ш. Р. Галлямов**, кандидат технических наук, Уфимский государственный авиационный технический университет  
**А. В. Месропян**, доктор технических наук, Уфимский государственный авиационный технический университет  
**Г. В. Миловзоров**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова  
**А. Т. Оразов**, аспирант, Уфимский государственный авиационный технический университет

## ВЕРИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА ИНВАЛИДНОГО КРЕСЛА-КОЛЯСКИ

*Представлена математическая модель, позволяющая рассчитывать и исследовать характеристики гидромеханического привода инвалидного кресла-коляски, а именно: перепадов давлений на исполнительных гидроэлементах, усилий, затрачиваемых на перемещение, частоту вращения вала гидромотора и др. Проведена верификация характеристик гидромеханического привода инвалидного кресла-коляски.*

**Ключевые слова:** инвалидное кресло-коляска, гидромеханический привод, математическая модель, экспериментальные исследования, верификация характеристик.

**В** настоящее время одним из перспективных направлений развития технических средств передвижения для людей с нарушением функции опорно-двигательного аппарата является разработка инвалидных кресел-колясок с комбинированным гидромеханическим приводом, что объясняется их улучшенными эргономическими показателями (рис. 1). Проработка конструктивно-компоновочных схемных решений существующих инвалидных кресел позволяет выявить следующие показатели: массогабаритные характеристики, затрачиваемые усилия при передвижении и потребность от внешних источников питания [2].



*Рис. 1. Компоновочная схема инвалидного кресла-коляски: 1 – рычаг управления; 2 – тройник; 3 – гидроцилиндр; 4 – гидрораспределитель; 5 – гидробак с фильтроэлементом; 6 – гидромотор; 7 – подшипник; 8 – гидромотор; 9 – редуктор*

При проектировании инвалидного кресла-коляски с гидромеханическим приводом одной из актуальных задач является снижение потребных усилий для перемещения, что обуславливает необходимость моделирования различных режимов движения инвалидного кресла-коляски, расчетов и исследований статических и динамических характеристик гидравлического привода кресла.

Численное моделирование гидромеханического привода инвалидного кресла-коляски характеризуется неопределенностью модели, что объясняется использованием эмпирических коэффициентов, которые обеспечивают приемлемую адекватность математической модели в определенном диапазоне изменения влияющих параметров. Поэтому необходимо выполнение верификации характеристик гидромеханического привода инвалидного кресла-коляски, которая позволит установить корректность принятых допущений и ограничений.

Для оценки степени адекватности результатов численного моделирования общеизвестен ряд методов: доказательное программирование, автоматическое доказательство теорем, проверка моделей, символьное выполнение, сопоставительный анализ, метод поиска противоречий, абстрактная интерпретация, метод индуктивных утверждений Флойда, метод аксиоматической семантики Хоара.

В данной статье используется метод сопоставительного анализа, который позволяет сравнивать экспериментальные данные [1] с результатами теоретических исследований, полученных при численном моделировании гидромеханического привода инвалидного кресла-коляски [2].