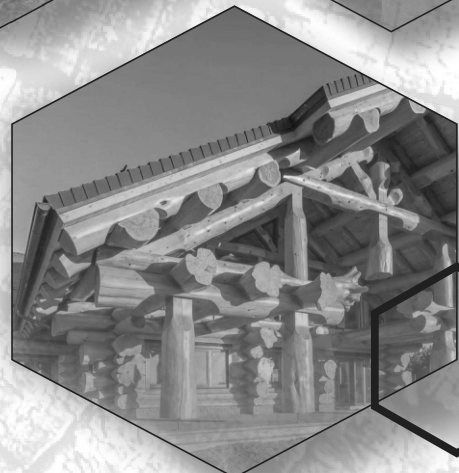
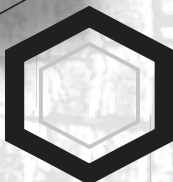
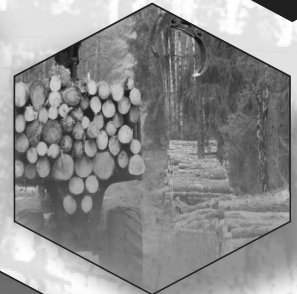
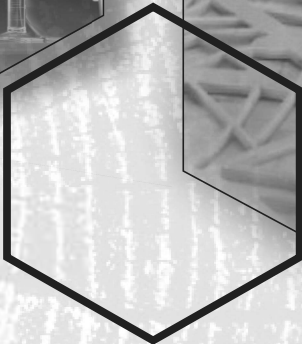
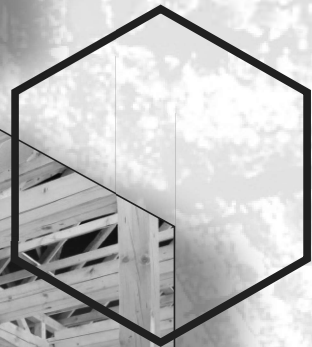


# Дерево

ISSN 0011-9008

1/2022

## обрабатывающая промышленность



# ДЕРЕВО

ISSN 0011-9008

## обработывающая ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1/2022

Учредитель: Редакция журнала  
«Деревообрабатывающая промышленность»  
Основан в апреле 1952 г.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по группе научных специальностей 05.21.00 – Технология, машины и оборудование лесозаготовок, лесного хозяйства, деревопереработки и химической переработки биомассы дерева.

### Редакционная коллегия:



Главный редактор  
**Сафин Руслан Рушанович**  
д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет»

**Торопов Александр Степанович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический  
университет»

**Царев Евгений Михайлович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический  
университет»

**Черных Михаил Михайлович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет  
им. Калашникова»



Зам. главного редактора  
**Разумов Евгений Юрьевич**  
д.т.н., профессор

Czech University of Life Sciences Prague,  
Faculty of Forestry and Wood Sciences,  
Czech Republik



Зам. главного редактора  
ответственный за  
международную ред. коллегию  
**Štefan Barčík**, Prof. ing., Ph.D.

Technical university in Zvolen,  
Faculty of environmental and  
manufacturing technology,  
Slovakia

**Сафин Рушан Гареевич**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

**Баширов Владимир Николаевич**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

**Хасаниши Руслан Ромелевич**, д.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

**Гаспарян Гарик Давидович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»

**Григорьев Игорь Владиславович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Арктический государственный  
агротехнологический университет»

**Мазуркин Петр Матвеевич**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический  
университет»

**Романов Евгений Михайлович**, д.с.-х.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический  
университет»

**Рыкунин Станислав Николаевич**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Мытищинский филиал МГТУ им. Баумана»

**Семенов Юрий Павлович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Мытищинский филиал МГТУ им. Баумана»

**Dr. prof. Vlado Goglia**  
University of Zagreb, Croatia

**Dr. prof. Ruzica Beljo Lucic**  
University of Zagreb, Croatia

**Dr. prof. Nencho Delijski**  
University of Forestry, Bulgaria

**Dr. prof. Ladislav Dzurenda**  
Technical University, Slovakia

**Dr. prof. Etele Csanady**  
University of West Hungary

**Dr. prof. Alfred Teischinger**  
BOKU University of Natural Resources and Applied Life Sciences,  
Austria

**Marian Babiak, PhD, Dr.h.c.prof.RNDr.**  
Czech University of Life Sciences Prague,  
Czech Republic

**Dr. PhD Monica Sarvasova Kvietkova**  
Czech University of Life Sciences Prague,  
Czech Republic

Адрес редакции:  
117303, Москва, ул. Малая  
Юшуньская, д. 1, корп. 1,

journal\_woodworking@mail.ru  
www.dop1952.ru

© «Редакция журнала  
«Деревообрабатывающая  
промышленность», 2022

Свидетельство о регистрации  
СМИ в Роскомпечати № 014990  
Формат бумаги 60x88/8  
Тираж 720 экз.

## СОДЕРЖАНИЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

### *Лесоинженерное дело*

***Ахтямов Э.Р., Кручинин И.Н., Побединский В.В., Кручинина Е.И., Чижов А.А.***

Разработка требований к применению добавок из вспученного вермикулита для строительства лесовозных дорог на территориях северного, приполярного и полярного урала 3

***Жалко М.Е., Бургутдинов А.М., Бурмистрова Д.Д., Ченушкина С.В., Данилов В.В.***

Разработка методов повышения транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог, работающих в сложных природно-климатических условиях 10

***Жалко М.Е.***

Повышение морозоустойчивости дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог 18

### *Физико-механические процессы в деревообработке*

***Лукаш А.А., Глотова Т.И., Малышева Н.П., Путрова Н.П., Чернышев О.Н.***

Экспресс-метод определения себестоимости продукции при расчете технико-экономических показателей деревообрабатывающих цехов 24

***Разумов Е.Ю., Байгильдеева Е.И., Сафина А.В., Сафин Р.Г.***

Получение бетулина высокой степени очистки 33

***Скурыдин Ю.Г., Скурыдина Е.М., Хабибуллина А.Р., Байгильдеева Е.И.***

Физико-механические характеристики композиционных материалов из древесины березы, гидролизованной в присутствии перекиси водорода 41

***Лукаш А.А., Глотова Т.И., Романов В.А., Феллук А., Чернышев О.Н.***

Определение прочности склеивания при нормальном отрыве для разработки новых клеевых составов 55

***Сафин Р.Г., Просвирников Д.Б., Арсланова Г.Р., Валеев К.В., Зиатдинова Д.Ф., Гурьянов Д.А.***

Математическое описание процесса экстракции фенольных соединений 62

***Артёмов А.В., Ершова А.С., Бурындин В.Г., Савиновских А.В.***

Изучение изменений прочностных показателей пластиков без связующего по потере массы при биоразложении 71

***Сафина А.В., Абдуллина Д.Р., Зиатдинова Д.Ф., Сафин Р.Г., Тимербаев Н.Ф., Валеев К.В.***

Моделирование процесса извлечения бетулина из бересты березы 80

### *Химическая технология древесины*

***Строганова М.С., Жильникова Н.А.***

Методика оценки самоочищающей способности водоема при влиянии стоков сульфат-целлюлозного производства 90

***Чирков Д.Д., Захаров П.С., Шкуро А.Е., Ершова А.С.***

Термомеханическая активация наполнителей для древесно-минеральных полимерных композиционных материалов 103

УДК 678

## ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛ Я ДРЕВЕСНО-МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

П.С. Захаров, Д.Д. Чирков, А.Е. Шкуро А.С. Ершова

*В настоящей работе были рассмотрены вопросы термомеханической активации наполнителей для древесно-минеральных полимерных композиционных материалов (ПКМ). Целью работы являлась оценка возможности повышения эксплуатационных свойств древесно-минеральных ПКМ с помощью термомеханической активации. В качестве полимерной матрицы для получения ПКМ в работе использован поливинилхлорид марки SG-5. В качестве наполнителей использовались смеси древесной муки марки 180 и пудры оксида кремния. Для активации древесно-минеральных смесей наполнителей, использованных в работе, применялись следующие методы: нагрев в открытой пресс-форме, нагрев в закрытой пресс-форме под давлением, кипячение смеси наполнителей в воде с последующей сушкой. Компаундирование компонентов осуществлялось методом экструзии. Для образцов полученных композитов были определены значения показателей ключевых физико-механических свойств: твердость по Бринеллю, контактный модуль упругости при сжатии, прочность при изгибе, ударная вязкость и водопоглощение после 24 часов выдержки. Установлено что термомеханическая активация древесно-минеральных смесей наполнителей является эффективным способом повышения их физико-механических свойств, в частности твердости, прочности при изгибе, а так же модуля упругости при сжатии. Наиболее эффективным методом термомеханической активации наполнителя показала себя выдержка древесно-минеральной смеси под давлением 0,7 МПа и температуре 150 °С в течение 60 минут. Активация данным методом также приводит к значительному увеличению производительности процесса экструзии.*

**Ключевые слова:** ПКМ, термомеханическая активация, активация наполнителей, древесно-полимерные композиты, оксид кремния, ПВХ, минеральный наполнитель, физико-механические свойства, ДПК.

### Введение

Введение минеральных наполнителей в состав полимерных материалов является широко распространённым и достаточно эффективным способом улучшить физико-механические свойства материала и снизить его стоимость [1]. Так, например, введение талька увеличивает прочность при растяжении и прочность при изгибе полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе полипропилена [2]. Введение в состав ПКМ карбоната кальция не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства материала, но позволяет, существенно снизить его стоимость. Использование минеральных наполнителей позволяет уменьшать ползучесть и усадку композитов. Некоторые виды минеральных наполнителей могут брать на себя функции смазывающих агентов [3].

Однако применение минеральных наполнителей, как правило, сопряжено с рядом трудностей. Их получение, особенно в случае получения высоконаполненных композиций, несет угрозу ускоренного абразивного износа деталей оборудования. В большинстве случаев добавление в ПКМ минерального наполнителя не волокнистой природы приводит к снижению ударной вязкости материала [4]. В работе [11] описывается негативное влияние минерального наполнителя в термопластичной полимерной матрице на показатель прочности при растяжении. Авторы отмечают, что при уменьшении размеров частиц наполнителя, прочность при растяжении возрастает. Присутствие мелкодисперсного минерального наполнителя также негативно сказывается и на показателе прочности при изгибе ПКМ. Снижение механических свойств ПКМ связанных с введением в их состав минеральных наполнителей можно компенсировать увеличением содержания агентов, улучшающих совместимость между фазами наполнителя и полимера, называемых компатибилизаторами.

Перспективными минеральными наполнителями для ПКМ являются различные минералы, в основе которых лежит оксид кремния, например кварц. Известно, что замена части древесной муки в составе ДПК на измельчённый кварц приводит к значительному росту водостойкости материала. Известно, что введение нанодисперсного кварца в состав ПКМ оказывает положительный эффект на огнестойкость и термическую стабильность композиционного материала. При одновременном использовании в

полимерном композиционном материале полифосфата аммония и нанодисперсного кварца наблюдается синергетический эффект: значительно возрастает огнестойкость и физико-механические свойства [5].

Сегодня актуальными представляются попытки разработать оптимальные способы получения методом экструзии древесно-полимерных композитов с добавками пудры оксида кремния (ПОК). В работах [6, 7] показано, что замена части древесной муки на пудру оксида кремния (ПОК) в составе ДПКТ приводит к значительному увеличению твердости по Бринеллю, модуля упругости при сжатии и водостойкости материала. Однако тоже время наблюдается заметное снижение показателей прочности при изгибе и ударной вязкости. Эти показатели являются одними из ключевых для изделий строительно-конструкционного назначения, сырьем для производства которых являются древесно-минеральные ПКМ. Одним из способов сохранения и улучшения свойств ПКМ с древесно-минеральными наполнителями может являться термомеханическая модификация наполнителя.

В основе принципов механической и термомеханической активации наполнителей лежит положение о том, что все материалы, независимо от их природы и агрегатного состояния, являющиеся в нормальных условиях химически пассивными, при определенных режимах обработки могут стать химически активными. Известно, что в рамках энергетического подхода механическую активацию описывают как процесс преобразования энергии из одних ее форм в другие. Считается, что определенная часть подводимой энергии поглощается твердым телом, что в свою очередь приводит к возникновению в нем дефектов структуры [7]. Дефекты структуры поверхности частиц наполнителей выполняют роль активных центров межфазного взаимодействия и положительно влияют на процессы структурообразования композита, обеспечивая прочные связи в системе наполнитель-матрица.

Наиболее распространённым методом механической активации наполнителей является помол. В настоящей работе помолу смеси наполнителей предшествовало их предварительное спекание, под давлением, либо совместное кипячение и последующая сушка. Целью данной работы являлась оценка возможности повышения эксплуатационных свойств древесно-минеральных ПКМ с помощью термомеханической активации наполнителя.

### Методы и материалы

В качестве полимерной матрицы при получении древесно-полимерных и древесно-минерально-полимерных композиционных материалов в настоящей работе использовался суспензионный поливинилхлорид (ПВХ) марки SG-5 (Китай). Основным направлением применения ПВХ SG-5 является изготовление труб для наружных систем канализации. В качестве наполнителей были использованы древесная мука марки 180, производства ООО «Юнайт» (ГОСТ 16361-87) и пудра оксида кремния марки ПОК, ТУ 2169-001-21633301-2012, предоставлена ООО "МАН" (г. Челябинск). Пудра оксида кремния представляет собой мелкодисперсный материал (с размером частиц не более 0,5 мкм), состоящий из частиц формы близкой к сферической, получаемый в процессе высокотемпературной обработки кремнеземсодержащего сырья. Основным компонентом материала является диоксид кремния (не менее 85% по массе) аморфной модификации. Пудра оксида кремния марки ПОК предназначена для применения в качестве инертной добавки к каучуковым смесям, полимерам, пластикам, резинотехническим смесям и нанокерамике. В качестве смазывающего агента (лубриканта) смесь техническая стеариновая кислота марки Т-32.

Для активации древесно-минеральных смесей наполнителей, использованных в работе, применялись следующие методы: нагрев в открытой пресс-форме, нагрев в закрытой пресс-форме под давлением, кипячение смеси наполнителей в воде с последующей сушкой. В результате обработки наполнителей образовывались наполнитель таблетировался. Таблетки наполнителей измельчались с помощью лабораторной аналитической мельницы A1 Basic непосредственно перед экструзией. Рецептуры исследованных в работе композиционных материалов и условия активации наполнителей, входящих в их состав, представлены в таблице 1.

В соответствии с представленными рецептурами композиционных материалов, их компоненты были смешаны с помощью одношнекового лабораторного экструдера с тремя зонами нагрева при температуре 170 °С. После охлаждения из полученных стренгов методом горячего прессования изготавливались пластины, использованные для подготовки стандартных образцов для испытаний физико-механических свойств образцов ДПКТ.

Таблица 1 – Состав композитов и условия активации наполнителей

№ Опыта	Содержание компонента, %					Условия активации наполнителей			
	ПВХ	ДМ-180	ПОК	ДФФ	Стеарино вая кислота	Температур а, °С	Давление, МПа	Время выдержки, минут	Время кипячения, минут
1	47,25	23,625	23,625	4	1,5	не подвергался модификации			
2	47,25	23,625	23,625	4	1,5	150	0,1	60	-
3	47,25	23,625	23,625	4	1,5	150	0,7	60	-
4	47,25	15,75	31,5	4	1,5	не подвергался модификации			
5	47,25	15,75	31,5	4	1,5	-		60	

Для полученных композитов были определены показатели следующих свойств: твердость по Бринеллю, контактный модуль упругости при сжатии, предел прочности при изгибе, ударная вязкость (прочность), а так же водопоглощение после 24 часов экспонирования в водной среде.

### Результаты

Результаты испытаний физико-механических свойств образцов исследуемых композитов представлены на рисунках 1-6.

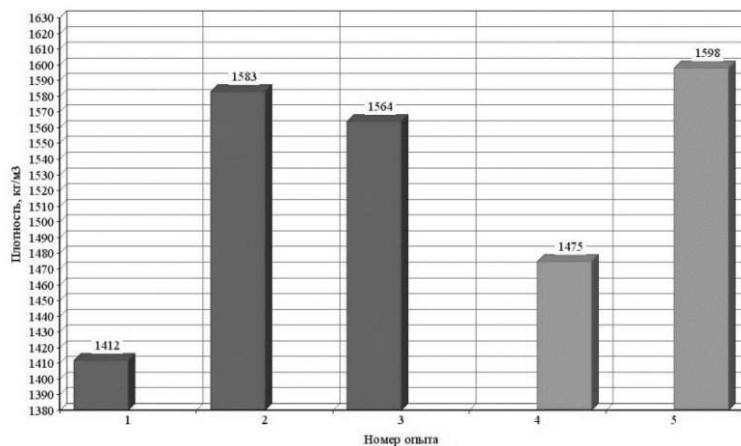


Рис. 1. Результаты определения плотности образцов композитов

Все рассмотренные варианты активации древесно-минерального наполнителя приводят к значительному увеличению показателей плотности, твердости и жесткости (модуля упругости), что объясняется в первую очередь улучшением взаимодействия между частицами древесной муки и пудры оксида кремния в процессе уплотнения и образования компактного тела. Вываривание наполнителей в пресной воде приводит к потере древесной мукой части экстрактивных веществ и связанной влаги, за счет чего древесная часть наполнителя становится тверже и жестче. Кроме того, совместное кипячение ПОК и ДМ обеспечивает высокую диффузию, а выделяющиеся из древесины экстрактивные вещества дополнительное склеивание частиц наполнителей.

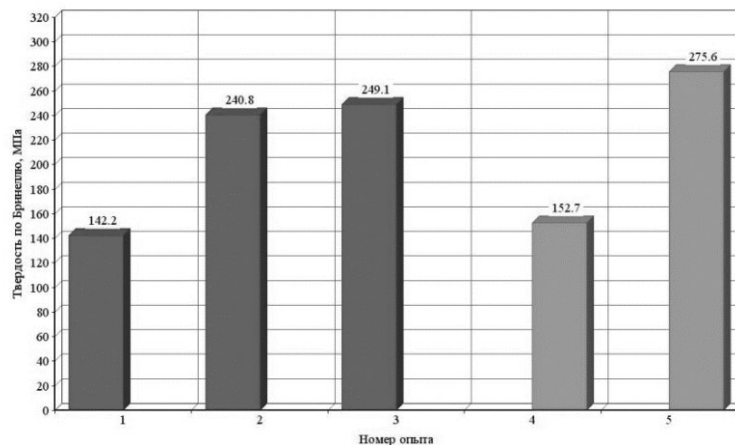


Рис. 2. Результаты определения твердости образцов композитов

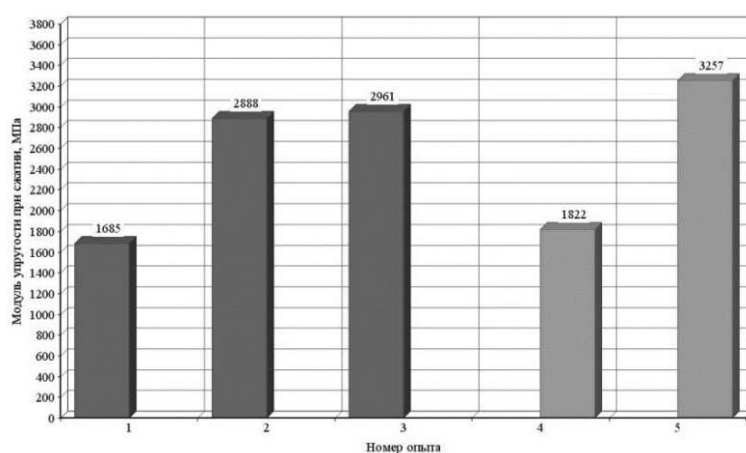


Рис. 3. Результаты определения модуля упругости при сжатии образцов композитов

Вследствие лучшего межфазного взаимодействия частиц наполнителей, наблюдается рост показателя прочности при изгибе у образцов с наполнителями, подвергнутыми термомеханической активации. Наиболее эффективным методом активации показала себя выдержка при температуре 150 °С и давлении 0,7 МПа (опыт 3). Вываривание древесины приводит к снижению показателя ударной вязкости материала и незначительно влияет на показатель прочности при изгибе

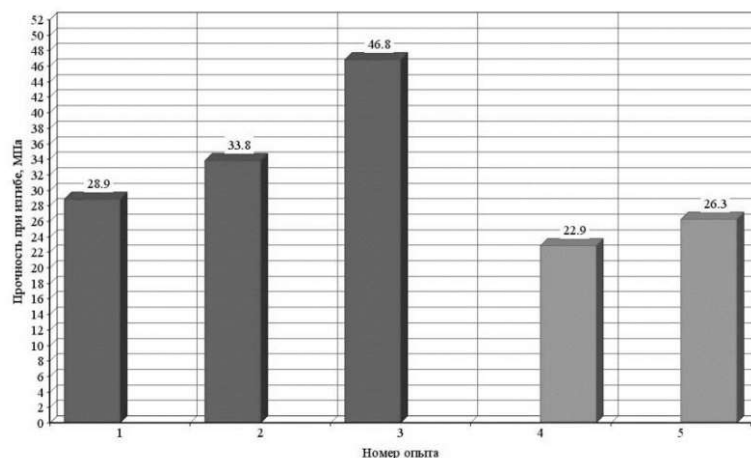


Рис. 4. Результаты определения прочности при изгибе образцов композитов

Термомеханическая активация наполнителей увеличивает жесткость частиц древесины, но так же повышает и хрупкость композиционного материала. При увеличении давления подпрессовки

возрастающая адгезия частиц наполнителей ведет к росту ударной прочности материала. Вываривание древесины приводит к значительному снижению показателя ударной вязкости, что объясняется повышением жесткости древесных частиц, связанной с потерей части влаги и экстрактивных веществ, оказывающих пластифицирующее действие на древесину.

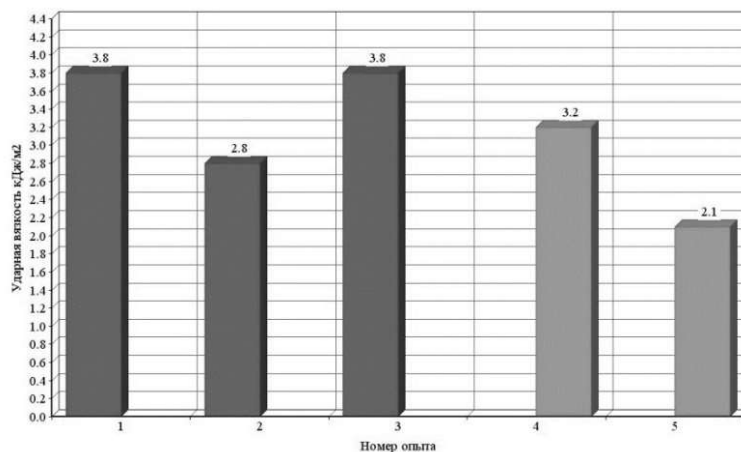


Рис. 5. Результаты определения ударной вязкости образцов композитов

Установлено, что, несмотря на значительное увеличение плотностей материалов, термомеханическая активация наполнителя практически не оказывает влияния на показатель водопоглощения за 24 часа образцов древесно-минеральных композитов.

Предварительная подпрессовка наполнителя приводит к значительному увеличению производительности процесса экструзии композиционного материала и может стать эффективной альтернативой стадии предварительной грануляции.

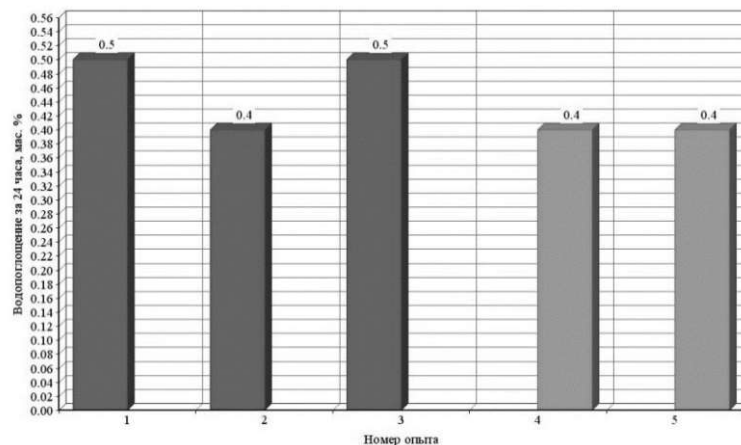


Рис. 6. Результаты определения водопоглощения за 24 часа образцов композитов

### Заключение

Установлено что термомеханическая активация древесно-минеральных смесей наполнителей состава ПОК-древесная мука является эффективным инструментом повышения их физико-механических свойств, в частности твердости по Бринеллю, прочности при изгибе, а так же модуля упругости при сжатии. Исследованные способы активации наполнителя для древесно-минеральных композитов практически не оказывают влияния на показатель водопоглощения за 24 часа. Активация смеси наполнителей с помощью совместного кипячения приводит значительному снижению показателя ударной вязкости, что объясняется повышением жесткости древесных частиц, связанной с потерей части влаги и экстрактивных веществ, оказывающих пластифицирующее действие на древесину.



Наиболее эффективным методом термомеханической активации наполнителя для древесно-минеральных ПКМ среди рассмотренных является выдержка древесно-минеральной смеси под давлением 0,7 МПа и температуре 150 °С в течение 60 минут.

Активация наполнителя с помощью нагрева и выдержки под давлением наполнителя приводит к значительному увеличению производительности процесса экструзии материала и может стать эффективной и экономически целесообразной альтернативой стадии предварительной грануляции.

### Литература

1. Клёсов А.А. Древесно-полимерные композиты/Клёсов А.А.//СПб: Научные основы и технологии, 2010. 736 с.
2. Huda M. S. Mechanical, thermal, and morphological studies of poly(lactic acid) PLA/talc/recycled newspaper fiber hybrid green composites/ M.S. Huda, L.T. Drzal, A.K. Mohanty, K. Williams, D.F. Mielews ki, M. Misra//8<sup>th</sup> International Conference on Woodfiber - Plastic Composites, Madison. 2003. P. 11 -12.
3. Lerner I. High durability and low maintenance boost WPC prospects/I. Lerner//Chemical Market Reporter. 2003. V. 264. P.12.
4. Godara, A. Influence of additives on the global mechanical behavior and the microscopic strain localization in wood reinforced polypropylene composites during tensile deformation investigated using digital image correlation/ A. Godara, D. Raabe, I. Bergmann, R. Putz, U. Muller//Composites Science and Technology, 2009. V.69, P.139-146.
5. Mingzhu P. Synergistic effect of nano silicon dioxide and ammonium polyphosphate on flame retardancy of wood fiber–polyethylene composites/P. Mingzhu, M. Changtong, D. Jun, L. Guochen//Composites A. 2014. V. 66. P.128–134.
6. Шкуро А.Е. Древесно-полимерные композиты с пудрой оксида кремния / А.Е. Шкуро, А.Н. Матонин // Вестник технологического университета. 2020. Т.23, №6. С. 73-77
7. Шкуро А.Е. Получение и исследование свойств древесно-полимерных композитов с пудрой оксида кремния/ А.Е. Шкуро, А.Н. Матонин // Деревообрабатывающая промышленность. 2020. №2. С. 63-70.
8. Авакумов, Е.Г. Механические методы активации химических процессов / Е.Г. Авакумов. - Новосибирск: Наука, 1986. - 306 с.

---

© **Чирков Д.Д.** – инженер-исследователь кафедры технологии ЦБП и переработки полимеров, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (ФГБОУ ВО «УГЛТУ»), e-mail: den.chirkov12@yandex.ru; **Захаров П.С.** – аспирант кафедры технологии ЦБП и переработки полимеров ФГБОУ ВО «УГЛТУ», e-mail: zazaver@mail.ru; **Шкуро А.Е.** – канд.техн.наук, доцент кафедры технологии ЦБП и переработки полимеров, ФГБОУ ВО «УГЛТУ», e-mail: shkuroae@m.usfeu.ru; **Ершова А.С.** - аспирант кафедры технологии ЦБП и переработки полимеров, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», ФГБОУ ВО «УГЛТУ», e-mail: ershovaas@m.usfeu.ru.

UDC 678

## THERMOMECHANICAL ACTIVATION OF WOOD-MINERAL FILLERS

**D.D. Chirkov, P.S. Zakharov, A.E. Shkuro A.S. Ershova,**

*In this work, the issues of thermomechanical activation of fillers for wood-mineral polymer composite materials (PCM) were considered. The work aimed to assess the possibility of increasing the operational properties of wood-mineral PCM using thermomechanical activation. Polyvinyl chloride SG-5 was used as a polymer matrix for the production of PCMs. As fillers, mixtures of 180-grade wood flour and silica powder were used. To activate the wood-mineral mixtures of fillers used in the work, the following methods were used: heating in an open mold, heating in a closed mold under pressure, boiling the mixture of fillers in water followed by drying. Compounding of the components was carried out by extrusion. For the samples of the obtained composites, the values of indicators of key physical and mechanical properties were determined: Brinell hardness, contact modulus of elasticity in compression, flexural strength, impact strength, and water absorption after 24 hours of exposure. It has been established that the thermomechanical activation of wood-mineral mixtures of fillers is an effective way to increase their physical and mechanical properties, in*

*particular hardness, bending strength, as well as the modulus of elasticity in compression. The most effective method of thermomechanical activation of the filler was shown to be holding the wood-mineral mixture under a pressure of 0.7 MPa and a temperature of 150 ° C for 60 minutes. Activation by this method also leads to a significant increase in the productivity of the extrusion process.*

**Keywords:** PCM, thermomechanical activation, filler activation, wood-polymer composites, silicon oxide, PVC, mineral filler, physical and mechanical properties, WPC.

### References

1. Klyosov A.A. Wood-polymer composites / Klyosov A.A. // SPb: Scientific bases and technologies, 2010.736 p.
2. Huda M. S. Mechanical, thermal, and morphological studies of poly (lactic acid) PLA / talc / recycled newspaper fiber hybrid green composites / M.S. Huda, L.T. Drzal, A.K. Mohanty, K. Williams, D.F. Mielewski, M. Misra // 8th International Conference on Woodfiber - Plastic Composites, Madison. 2003. P. 11 -12.
3. Lerner I. High durability and low maintenance boost WPC prospects / I. Lerner // Chemical Market Reporter. 2003. V. 264. P.12.
4. Godara, A. Influence of additives on the global mechanical behavior and the microscopic strain localization in wood reinforced polypropylene composites during tensile deformation investigated using digital image correlation / A. Godara, D. Raabe, I. Bergmann, R. Putz, U Muller // Composites Science and Technology 2009. V. 69, P. 139-146.
5. Mingzhu P. Synergistic effect of nano silicon dioxide and ammonium polyphosphate on flame retardancy of wood fiber – polyethylene composites / P. Mingzhu, M. Changtong, D. Jun, L. Guochen // Composites A. 2014. V. 66. P. 128–134.
6. Shkuro A.E. Wood-polymer composites with silicon oxide powder / A.E. Shkuro, A.N. Matonin // Bulletin of the Technological University. 2020. Vol. 23, No. 6. S. 73-77.
7. Shkuro A.E. Obtaining and research of properties of wood-polymer composites with silicon oxide powder / A.E. Shkuro, A.N. Matonin // Woodworking industry. 2020. No. 2. S. 63 -70.
- 8 Avakumov, E.G. Mechanical methods of activation of chemical processes / E.G. Avakumov. - Novosibirsk: Nauka, 1986 .-- 306 p.

---

© **Chirkov D.D.** – research engineer of the Department of PPI and Polymer Processing, Ural State Forest Engineering University (USFEU), e-mail: den.chirkov12@yandex.ru; **Zakharov P.S.** – post graduate student of the Department of PPI and Polymer Processing, USFEU, e-mail: zazaver@mail.ru; **Shkuro A.E.** - PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of PPI and Polymer Processing, USFEU, e-mail: shkuroae@m.usfeu.ru; **Ershova A.S.** – postgraduate student of the Department of PPI and Polymer Processing, USFEU, e-mail: ershovaas@m.usfeu.ru.