

## Модификация древесно-волоконистых плит смесью олигомеров из побочных продуктов производства полибутадиена и стирола

Н.С. Никулина<sup>1а</sup>, А.И. Дмитренко<sup>2б</sup>, С.С. Никулин<sup>3с</sup>, Е.В. Томина<sup>2д</sup>

<sup>1</sup> Воронежский институт повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России, ул. Краснознаменная, 231, Воронеж, Россия

<sup>2</sup> Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, Россия

<sup>3</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, Воронеж, Россия

<sup>а</sup> nad.nikulina2013@yandex.ru, <sup>б</sup> dmitrenkov2109@mail.ru, <sup>с</sup> niku-lin.nikuli@yandex.ru, <sup>д</sup> tomina-e-v@yandex.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2586-7738>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9296-1762>,

<sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7093-3274>, <sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5222-0756>

Статья поступила 29.03.2024, принята 15.04.2024

*В промышленных масштабах на основе побочных продуктов производства полибутадиена был произведен выпуск олигомеров, которые многие годы применяются в лакокрасочной промышленности. Наилучшими характеристиками обладали низкомолекулярные сополимеры, приготовленные из побочного сырья от производства полибутадиена и содержащие в своем составе стирол в количестве 70–80 %. В работе исследована технология модифицирования древесно-волоконистых плит смесью олигомеров из побочных продуктов производства полибутадиена и стирола. Полученный олигомер на основе побочных продуктов производства полибутадиена и стирола совмещали с лаком кубового остатка ректификации стирола. Дозировку лака на олигомер выдерживали в количестве 10, 20, 30 и 40 %. Общее содержание стирольного компонента в олигомерной смеси составляло 60, 70, 80 и 90 %. В полученную олигомерную смесь вводили 5,0 % сиккатива НФ-1. Пропитку древесно-волоконистых плит в олигомерно-сиккативном растворе осуществляли в течение 1 мин. Сравнение осуществляли с образцами древесных плит без модифицирующей обработки и с ДВП, обработанными талловым маслом. Как следует из анализа молекулярно-массовых показателей предлагаемого олигомерного продукта, он легко и на достаточную глубину способен проникать в структуру древесно-волоконистой плиты. Этому способствует и повышенная температура пропитывающего состава, обеспечивающая снижение его вязкости и удаление влаги из плит. Показано, что прочность модифицированных древесно-волоконистых плит возрастает с повышением содержания стирола в пропитывающем олигомере. Полученные на основе побочных продуктов нефтехимии пропитывающие составы позволяют придать изделиям из ДВП улучшенный внешний вид, устойчивость к действию агрессивных сред, водо- и влагостойкость. Использование полученных олигомерных продуктов позволит утилизировать отходы нефтехимической промышленности.*

**Ключевые слова:** олигомеры; побочные продукты производства полибутадиена и стирола; древесно-волоконистые плиты; водопоглощение.

## Modification of fiberboard with a mixture of oligomers from by-products of polybutadiene and styrene production

N.S. Nikulina<sup>1а</sup>, A.I. Dmitrenkov<sup>2б</sup>, S.S. Nikulin<sup>3с</sup>, E.V. Tomina<sup>2д</sup>

<sup>1</sup> Voronezh Institute for Advanced Training of Employees of the Ministry of Emergency Situations of Russia; 231, Krasnoznamennaya St., Voronezh, Russia

<sup>2</sup> Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov; 8, Timiryazev St., Voronezh, Russia

<sup>3</sup> Voronezh State University of Engineering Technologies; 19, Revolutsii Ave., Voronezh, Russia

<sup>а</sup> nad.nikulina2013@yandex.ru, <sup>б</sup> dmitrenkov2109@mail.ru, <sup>с</sup> niku-lin.nikuli@yandex.ru, <sup>д</sup> tomina-e-v@yandex.ru

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2586-7738>, <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9296-1762>,

<sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7093-3274>, <sup>д</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5222-0756>

Received 29.03.2024, accepted 15.04.2024

*On an industrial scale, based on by-products of polybutadiene production, oligomers have been produced and used in the paint and varnish industry for many years. Low molecular weight copolymers prepared from by-products from the production of polybutadiene and containing styrene in an amount of 70-80% had the best characteristics. The article investigates the technology of modifying wood-fiber boards with a mixture of oligomers from by-products of polybutadiene and styrene production. The resulting oligomer based on by-products of the production of polybutadiene and styrene is combined with a varnish of the cubic residue of styrene rectification. The dosage of the varnish on the oligomer is maintained in an amount of 10, 20, 30 and 40%. The total content of the styrene component in the oligomeric mixture is 60, 70, 80 and 90%. 5.0% NF-1 siccativ is injected into the resulting oligomeric mixture. The impregnation of wood-fiber boards in an oligomeric-siccativ solution lasted for 1 minute. The comparison is performed with samples of wood slabs*

without modifying treatment and with fiberboard treated with tall oil. As follows from the analysis of the molecular weight parameters of the proposed oligomeric product, it is able to easily and to a sufficient depth penetrate into the structure of the fiberboard. This is facilitated by the increased temperature of the impregnating composition, which reduces its viscosity, and removes moisture from the plates. It is shown that the strength of modified fiberboard increases with an increase in the styrene content in the impregnating oligomer. Impregnating compositions obtained on the basis of petrochemical by-products make it possible to give fiberboard products an improved appearance, resistance to aggressive media, water and moisture resistance. The use of the obtained oligomeric products will allow recycling waste from the petrochemical industry.

**Keywords:** oligomers; by-products of polybutadiene and styrene production; fiberboard; water absorption.

**Введение.** В настоящее время большое внимание уделяется комплексной переработке и использованию отходов действующих производств. Многосторонний подход к решению данных вопросов позволяет найти наиболее перспективные направления по утилизации побочных продуктов с целью производства на их основе требуемой в настоящее время продукции, способной заменить более дорогие и дефицитные органические соединения, используемые в композиционных составах различного назначения [1–3]. На смену традиционным строительным материалам все больше приходят полимерные композиты, особенно на основе природных возобновляемых полимеров, таких как древесина. Наиболее перспективными и востребованными являются древесно-полимерные композиты, содержащими в своем составе отходы деревоперерабатывающей промышленности и производства полимеров, которые позволяют получать строительные материалы с заданными формой и свойствами [3]. Авторами [4] изучена возможность производства древесных плит путем использования в качестве наполнителей отходов резин шинной промышленности, что способствует решению актуальной проблемы загрязнения окружающей среды, вызванной отработанными шинами. Для этого шины измельчали, и полученные резиновые порошки в сочетании с опилками в разных процентных соотношениях применялись для производства древесно-стружечных плит с заданными свойствами.

Олигомеры, благодаря своим оптимальным молекулярно-массовым характеристикам, широко применяются для модификации природной древесины и древесных композиций [5–7]. В промышленных масштабах на основе некоторых побочных продуктов нефтехимии в настоящее время освоен выпуск олигомерной продукции, которая нашла свое применение в композиционных составах различного назначения. Так, на основе побочных продуктов производства полибутадиена (ППППБ) в промышленных масштабах выпускается низкомолекулярный сополимер, который с успехом применяется в лакокрасочных составах, при производстве мастик, герметиков и других продуктов. Основными звеньями, входящими в структуру олигомера на основе ПППБ, являются звенья стирола и смесь димера, тримеров бутадиена и других его производных (4-винилциклогексен, 1,5,9-циклододекатриен, н-додекатетраен-2,4,6,10) [8]. Кроме того, димер бутадиена — 4-винилциклогексен в качестве побочного продукта образуется и при производстве бутадиена [9].

Олигомер получали сополимеризацией непредельных углеводородов, содержащихся в ПППБ, со стиролом в присутствии алюмосиликатных катализаторов. Из катализатора на основе природных алюмосиликатов (глин) изготавливали гранулы диаметром 3–5 мм и

длиной 4–6 мм, которые активировали путем их обработки при 450–500 °С в течение 4–5 ч. Состав используемых природных алюмосиликатов представлен в табл. 1.

**Таблица 1.** Состав глин латнинского месторождения

Глины	Содержание основных компонентов, %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
АСК-1	37,2	49,3	1,4	1,7	0,8	0,2	0,4	0,4
АСК-2	33,4	51,7	1,2	1,8	1,0	0,3	0,4	0,5
АСК-3	29,5	54,5	1,5	1,6	0,7	0,3	0,5	0,4

Приготовленный катализатор хранили в герметично закрытых емкостях. При проведении процесса олигомеризации катализатор загружали в стальной сетчатый стакан и помещали в аппарат для проведения процесса полимеризации димера и тримеров бутадиена со стиролом. Процесс проводили при температуре 160–165 °С в течение 24 ч. Процесс контролировали отбором проб из реактора через определенные промежутки времени.

В табл. 2 представлены данные, иллюстрирующие взаимосвязь между дозировкой стирола в исходную смесь мономеров и природой катализатора на выход низкомолекулярных сополимеров.

**Таблица 2.** Влияние содержания стирола в исходной смеси мономеров и природы катализатора на выход олигомеров

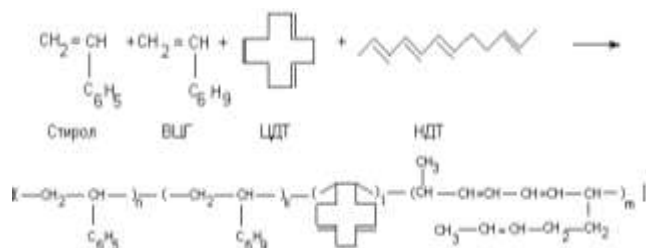
Содержание стирола в исходной смеси мономеров, %	Выход олигомеров, %		
	КАК-1	КАК-2	КАК-3
Катализатор	АСК-1	АСК-2	АСК-3
Содержание, %, SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37,2 / 49,3	33,4 / 51,7	29,5 / 54,5
0	57–63	64–68	67–71
20	65–67	70–72	73–76
40	80–82	84–86	87–90
60	90–93	92–94	93–95
80	94–96	95–97	96–98
90	97–98	98–99	98–99

Предварительными исследованиями было установлено, что продолжительность процесса олигомеризации непредельных ПППБ со стиролом должна быть не менее 24 ч. Анализ полученных результатов показывает, что на процесс олигомеризации влияет дозировка стирола в исходную мономерную смесь. Высокий выход по целевым продуктам достигался при дозировке стирола в исходную мономерную смесь не менее 60 %.

Молекулярная масса при снижении содержания стирола в исходной мономерной смеси до 50 % снижалась до 800–900 ед.

Получаемый продукт представляет собой вязкую маслообразную массу темно-коричневого цвета в обычных условиях (20–25 °С), вязкость которой возрастает с увеличением содержания стирола в синтезированном продукте.

Одна из возможных схем процесса сополимеризации непредельных соединений, содержащихся в ППППБ со стиролом, может быть представлена в следующем виде:



Наилучшим комплексом свойств обладали олигомеры на основе ППППБ, полученные при дозировке стирола в исходную мономерную смесь 70–80 %. Снижение дозировки дорогого и дефицитного стирола до 30–50 % способствует ухудшению показателей качества изготовленных лакокрасочных материалов. Возникает вопрос, где могли бы найти применение олигомеры на основе ППППБ, полученные с низкой дозировкой стирола в исходную мономерную смесь? Кроме того, олигомеры, изготовленные из стирола и ППППБ, обладали в ряде случаев опалесценцией, высокой цветностью и др., что в значительной степени сдерживало их применение в лакокрасочных составах. Одним из перспективных направлений в использовании данных олигомеров может служить защитная обработка древесины и изделий на ее основе, используемая в промышленном и гражданском строительстве [10; 11].

Опубликованные результаты работ [12; 13] по применению олигомеров на основе нефтехимии показали, что наилучшие результаты получены при использовании для защитной обработки древесных материалов олигомерами на основе побочных продуктов нефтехимии с высоким содержанием стирола. Это связано с тем, что высокое содержание стирола в олигомере на основе отходов нефтехимии позволяет повысить его гидрофобные свойства за счет уменьшения количества двойных связей, повышающих гидрофильность изготовленного древесно-олигомерного композита.

В процессе производства одного из самых распространенных мономеров — стирола и его последующего выделения из продуктов синтеза методом ректификации в качестве побочного продукта образуется и накапливается кубовый остаток (КОРС). Основными компонентами в составе КОРС являются стирол, метилстиролы, дивинилбензол, стильбен, полистирол и другие продукты [14]. Анализируя состав КОРС, необходимо отметить, что в его составе присутствуют винилароматические мономеры и полистирол. Дополимеризация винилароматических мономеров КОРС позволяет получить дополнительное количество ценного полимерного продукта на основе стирола.

На его основе была разработана технология получения олигомерного продукта — лака КОРС [14] с дополнительным введением в его состав звеньев малеи-

нового ангидрида. Проведенными исследованиями было установлено, что наилучшим комплексом свойств обладает олигомерный материал, включающий в свой состав до 5,0 % малеинового ангидрида. В полном объеме рекуперация данных побочных продуктов и до настоящего времени не решена.

Анализируя состав КОРС и, соответственно, полученного на его основе лака КОРС, можно прийти к выводу, что данный продукт с успехом может быть использован в качестве стирольной добавки к олигомеру на основе отходов производства полибутадиена. Это позволит если не в полной мере, то хотя бы частично заменить первичный стирол, используемый в производстве олигомера на основе ППППБ, на лак КОРС. Кроме того, лак КОРС содержит в своей структуре звенья малеинового ангидрида, повышающего полярность приготовленного олигомерного состава и создающего хорошие предпосылки к образованию химических связей между олигомерным составом и компонентами древесины.

В настоящее время большое внимание уделяется производству древесно-волоконистых плит (ДВП) [15–17]. ДВП обладают целым рядом положительных свойств, это экологичность, невысокий вес, отсутствие деформаций, легкость монтажа и др. Благодаря низкой стоимости и доступности ДВП широко применяются в мебельной промышленности, при проведении строительно-отделочных работ, в вагоностроении, для упаковки грузов и других целей.

В качестве сырья для производства ДВП используются некондиционная древесина, отходы деревообрабатывающей, фанерной промышленности и других производств. При получении ДВП находят применение частицы, имеющие форму волокон, и по своему виду они приближаются к анатомическим структурным элементам древесины.

Однако и все используемые материалы, ДВП, кроме неоспоримых достоинств, имеют и свои недостатки: изготовление плит большой толщины, набухание при длительном воздействии влаги и сильном механическом воздействии, горючесть и др.

Уменьшить приведенные выше негативные факторы возможно за счет их модификации, основанной на введении в структуру ДВП пропитывающих составов различного назначения. Перспективными в этом плане являются олигомерные материалы, приготовленные на основе побочных продуктов химических и нефтехимических производств. Олигомерные материалы обладают малыми линейными размерами своих макромолекул и должны легко проникать в полости ДВП, обладающей повышенной пористостью.

Целью данной работы является разработка технологии модифицирования древесно-волоконистых плит смесью олигомеров, полученных из побочных продуктов производства полибутадиена и стирола, с повышенными прочностными показателями и уменьшенными водопоглощением и разбуханием.

**Методика эксперимента.** Олигомер из ППППБ, полученный при содержании стирола в исходной мономерной смеси 50 % по методике, описанной в работе [18], в аппарате с мешалкой при температуре 60–70 °С совмещали с лаком КОРС. Концентрацию олигомера

на основе ППППБ и лака КОРС в толуоле выдерживали 30–40 %. Дозировку лака КОРС на олигомер на основе ППППБ выдерживали 10, 20, 30 и 40 %. Общее содержание стирольного компонента в олигомерной смеси составляло 60, 70, 80 и 90 %. В полученную олигомерную смесь вводили 5,0 % нафтенатного сиккатива НФ-1 (ТУ 6-24-68-93). Систему гомогенизировали при температуре 60–70 °С в течение 1–2 ч.

Пропитку осуществляли в закрытой пропитывающей ванне, расположенной в вытяжном шкафу, путем погружения ДВП в олигомерно-сиккативный раствор и выдерживания в данном пропитывающем составе в течение 1 мин. Модифицированные плиты извлекали из раствора и после стекания избытка пропитывающего состава материал дегазировали (удаляли растворитель — толуол) и подвергали высокотемпературной обработке.

Невысокая продолжительность выдержки в пропитывающем составе обусловлена тем, что величина показателя пористости исходной природной древесины составляет 60 %, а мягких древесно-волоконистых плит находится в пределах 85–88 %. Пористая структура древесных плит придает данному материалу малую теплопроводность и позволяет использовать его в качестве тепло- и звукоизолирующего материала при отделке полов и потолков многоэтажных зданий, а также для других целей. Высокая пористость ДВП позволяет пропитывающему составу проникать внутрь плиты по сообщающимся открытым порам, заполнять все пустоты и дефекты, возникающие при их изготовлении. Кроме того, короткий временной промежуток между пропитками образцов изделий из ДВП позволяет повысить производительность процесса. Подтверждением правильности выдвинутых выше соображений являются и молекулярно-массовые характеристики используемых для этих целей олигомерных материалов.

Молекулярно-массовые характеристики используемых олигомеров имели следующие показатели:

– олигомера на основе ППППБ, полученного при содержании стирола в исходной мономерной смеси 50 %:

$$M_n = 800; M_w = 2370; M_z = 9\ 080; M_w/M_n = 3,75; M_z/M_w = 3,82;$$

– олигомера лака КОРС:

$$M_n = 4\ 120; M_w = 49\ 000; M_z = 215\ 850; M_w/M_n = 11,90; M_z/M_w = 4,45;$$

– олигомерной смеси на основе ППППБ и лака КОРС:

$$M_n = 2\ 180; M_w = 22\ 370; M_z = 78\ 690; M_w/M_n = 10,26; M_z/M_w = 3,54.$$

**Результаты и их обсуждение.** Исследовали возможность повышения показателей ДВП, обработанных олигомером из ППППБ и стирольного производства — лака КОРС. Анализ молекулярно-массовых показателей позволяет сделать вывод о том, что толуольный раствор олигомерных модификаторов должен легко проникать в структуру полученной в промышленных масштабах ДВП мокрого способа производства. Этому способствует и повышенная температура пропитывающего состава, обеспечивающая снижение его вязкости и удаление влаги из плит. Плиты приобретают коричневый оттенок.

Результаты испытаний представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Экспериментальные значения показателей образцов ДВП, обработанных смесью олигомеров на основе ППППБ и лака КОРС

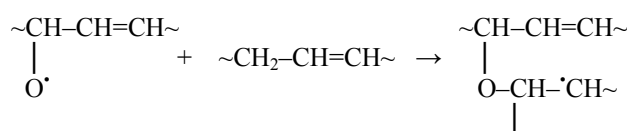
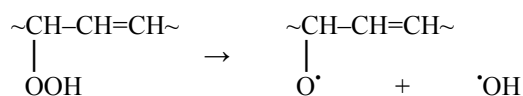
Показатели	Дозировка лака КОРС по сухому остатку в олигомер из ППППБ, %				
	0	10	20	30	40
Прочность при изгибе, МПа	44,1	47,5	50,7	56,9	57,6
Разбухание по толщине за 24 ч, %	12,7	11,9	11,0	10,3	9,3
Водопоглощение лицевой поверхностью за 24 ч, %	9,2	8,3	7,9	7,3	6,5

Для сравнения приведены результаты испытаний ДВП, модифицированных олигомером на основе ППППБ, полученных при использовании в качестве добавки в ППППБ чистого стирола (табл. 4).

**Таблица 4.** Экспериментальные значения показателей образцов ДВП, модифицированных олигомером из ППППБ с разным содержанием стирола

Показатели	Содержание стирола в олигомере из ППППБ, %				
	30	50	70	80	90
Прочность при изгибе, МПа	39,3	47,5	51,2	54,4	55,0
Разбухание по толщине за 24 ч, %	14,7	11,9	10,3	9,1	9,0
Водопоглощение лицевой поверхностью за 24 ч, %	9,0	8,3	7,2	6,5	6,7

Процессы с участием кислорода воздуха интенсивно протекают в поверхностных слоях. Ограниченность доступа кислорода вглубь композиции уменьшает долю окислительных процессов, возрастающую роль приобретают реакции высокотемпературной полимеризации. Эту реакцию активируют различные радикалы, присутствующие в системе (R•, RO•, ROO•):



Образование таких связей позволит снизить такой недостаток пропитывающих составов, как их вымываемость из изделий различными растворителями в процессе эксплуатации.

Анализ данных табл. 4 показывает, что прочность ДВП возрастает с повышением содержания стирола в пропитывающем олигомере. Эти данные хорошо согласуются с имеющимися литературными сведениями [9], касающимися изучения свойств вулканизатов на основе бутадиеновых и бутадиен-стирольных каучуков [19]. Более высокими показателями (прочность, устой

чивость к старению и др.) обладают вулканизаты, приготовленные на основе бутадиен-стирольных каучуков.

Сравнивая показатели, приведенные в табл. 3 и 4, можно сделать вывод о том, что присутствие олигомера на основе КОРС в пропитывающем составе на основе олигомера из ПППБ, не оказывает существенного влияния на разбухание и водопоглощение древесноволокнистых плит. Оно находится примерно на одинаковом уровне.

Улучшение взаимодействия между клеточной стенкой древесины и модифицирующим агентом имеет основополагающее значение для повышения эффективности модификации древесины [20]. Тем не менее, степень взаимодействия трудно оценить из-за весьма неоднородной природы модифицированной древесины. Хочется при этом отметить тенденцию к повышению прочностных показателей у ДВП, модифицированных смесевым олигомерным модификатором. Это может быть связано с тем, что в олигомере на основе КОРС присутствуют звенья малеинового ангидрида, который повышает его полярность и способствует образованию не только шитых структур на основе олигомерного модификатора во внутренних полостях ДВП, но и химическому взаимодействию звеньев малеинового ангидрида с компонентами древесины (целлюлозой, гемицеллюлозой) с образованием эфирных связей. Это приводит к образованию слитного древесноволокнистого композита с олигомерным компонентом пропитывающего состава. Нельзя исключить и образование водородных связей между атомом водорода гидроксильных групп молекулы целлюлозы и электроотрицательным атомом кислорода малеинового ангидрида, входящего в цепь олигомерного продукта на основе лака КОРС. Получаемый композит обладает повышенными прочностными показателями, водо- и влагостойкостью.

Положительное влияние составного пропитывающего состава на свойства получаемых модифицированных ДВП можно отметить и при сравнении данных показателей с не модифицированной ДВП и обработанной талловым маслом (табл. 5).

Как следует из анализа полученных данных, ДВП, пропитанные олигомерным составом на основе ПППБ и составным композитом (олигомеры на основе ПППБ и КОРС), обладают повышенными прочностными показателями и устойчивостью к действию воды и влаги. Отмечено, что ДВП, включающие в свой состав олигомерный композит, обладают несколько более высокими прочностными показателями при сохранении водостойкости примерно на одном и том же уровне. Экспериментальные образцы превосходят кон-

трольный по всем показателям. Так, прочность плит, модифицированных смесью олигомеров на основе ПППБ и лака КОРС, при максимальном содержании лака КОРС была на 81 % выше, чем аналогичный показатель ДВП без наполнителя и на 43 % — чем у плит, содержащих талловое масло. Водопоглощение модифицированных таким образом плит снизилось в 2,3 и 1,9 раза соответственно. Разбухание таких ДВП уменьшилось в 2,7 и почти в 2 раза соответственно.

**Таблица 5.** Экспериментальные значения показателей образцов ДВП, не модифицированных и модифицированных талловым маслом

Показатели	Контрольные образцы ДВП	
	без наполнения	наполненные талловым маслом
Прочность при изгибе, МПа	31,8	38,5
Разбухание по толщине за 24 ч, %	25,4	18,1
Водопоглощение лицевой поверхностью за 24 ч, %	15,3	12,5

Примечание. Содержание таллового масла в ДВП — 13,9 % мас.

Для древесноволокнистых плит, модифицированных олигомером из ПППБ при оптимальном содержании стирола, прочность при изгибе была на 71 % выше, чем для контрольных плит без наполнителя и на 41 % для плит, наполненных талловым маслом. Водопоглощение таких модифицированных ДВП было в 2,4 раза ниже, чем для не модифицированных плит без наполнителя и в 1,9 раза — для плит с талловым маслом. Разбухание таких ДВП уменьшилось в 2,8 и 2 раза соответственно.

При этом необходимо отметить, что приведенные выше олигомеры могут выполнять функцию не только пропитывающих составов, но и лаковых покрытий, придавая изделиям из ДВП улучшенный внешний вид и высокие эксплуатационные показатели.

**Выводы.** Полученные на основе побочных продуктов нефтехимии пропитывающие составы позволяют придать изделиям из ДВП повышенные прочностные показатели, устойчивость к действию агрессивных сред, водо- и влагостойкость.

Применение для этих целей олигомерных продуктов, полученных на основе отходов и побочных продуктов нефтехимической промышленности, позволяет решить ряд экологических проблем, более полно и рационально использовать природные ресурсы.

#### Литература

- Соколов Л.И. Переработка и использование нефтесодержащих отходов. М.: Инфра-Инженерия, 2017. 128 с.
- Шишакина О.А., Паламарчук А.А. Полимерные композиционные материалы в строительстве // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 12-2. С. 234-238.
- Antov P. Eco-friendly, high-density fiberboards bonded with urea-formaldehyde and ammonium lignosulfonate // Polymers. 2021. V. 13, № 2. P. 220.
- Köse C. Production of Lightweight Three-Layered Particleboards Using Waste Tire Rubbers // Drvna industrija. 2023. V. 74, № 3. P. 277-286.
- Tanasă F. Physical methods for the modification of the natural fibers surfaces. Surface Treatment Methods of Natural Fibres and their Effects on Biocomposites // Woodhead Publishing, 2022. P. 125-146.
- Pizzi A., Papadopoulos A.N., Policardi F. Wood composites and their polymer binders // Polymers. 2020. V. 12, № 5. P. 1115.
- Bekhta P. Properties of eco-friendly particleboards bonded with lignosulfonate-urea-formaldehyde adhesives and PMDI as a crosslinker // Materials. 2021. V. 14, № 17. P. 4875.
- Никулин С.С., Седых В.А., Никулина Н.С. Пластификация полибутадиена олигомером, полученным на основе побочных продуктов производства растворного каучука // Химическая технология. 2012. Т. 13, № 4. С. 210-215.
- Никулин С.С., Шейн В.С., Злотский С.С., Черкашин М.И., Рахманкулов Д.Л. Отходы и побочные продукты нефтехимических

- производств - сырье для органического синтеза. М.: Химия, 1989. 240 с.
10. Никулин С.С., Филимонова О.Н., Никулина Н.С., Болдырев В.С. Применение низкомолекулярных сополимеров на основе побочных продуктов производства полибутадиена с низким содержанием стирола как модификаторов древесноволокнистых плит // Химическая пром-сть сегодня. 2005. № 4. С. 15-17.
  11. Черных О.Н., Никулин С.С. Модификация древесины окисленным стиролсодержащим олигомером из побочных продуктов производства полибутадиена // Изв. высш. учеб. заведений. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50, вып. 2. С. 65-69.
  12. Угрюмов С.А., Осетров А.В., Свиридов А.В. Оценка свойств модифицированных фенол-формальдегидных олигомеров и древесных плит на их основе // Клеи. Герметики, Технологии. 2014. № 10. С. 24-26.
  13. Клёсов А.А. Древесно-полимерные композиты. СПб.: Науч. основы и технологии, 2010. 736 с.
  14. Филимонова О.Н. Переработка и применение кубовых остатков ректификации стирола. М.: Академия естествознания, 2009. 76 с.
  15. Мерсов Е.Д. Производство древесноволокнистых плит. М.: Высшая шк., 1989. 231 с.
  16. Ndiwe B. Mechanical performance of a particleboard based on natural hardener // Wood Material Science & Engineering. 2023. V. 18, № 2. P. 345-353.
  17. Kawalerczyk J. Optimization of Isocyanate Content in PF/pMDI Adhesive for the Production of High-Performing Particleboards // Polymers. 2023. V. 15, № 24. P. 4645.
  18. Сидоров С.Л., Шаповалова Н.Н., Молодых А.В., Никулин С.С., Глазков С.С., Малышев И.И., Сергеев Ю.А., Бартенев В.К. Синтез низкомолекулярных сополимеров из отходов производства СК на минеральных катализаторах // Производство и использование эластомеров. 1993. № 4. С. 12-15.
  19. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. М.: НППА «Истек», 2009. 504 с.
  20. Dong Y. Improvement of interfacial interaction in impregnated wood via grafting methyl methacrylate onto wood cell walls // Holzfor-schung. 2020. V. 74, № 10. P. 967-977.
  5. Tanasá F. Physical methods for the modification of the natural fibers surfaces. Surface Treatment Methods of Natural Fibres and their Effects on Biocomposites // Woodhead Publishing, 2022. P. 125-146.
  6. Pizzi A., Papadopoulos A.N., Policardi F. Wood composites and their polymer binders // Polymers. 2020. V. 12, № 5. P. 1115.
  7. Bekhta P. Properties of eco-friendly particleboards bonded with lignosulfonate-urea-formaldehyde adhesives and PMDI as a crosslinker // Materials. 2021. V. 14, № 17. P. 4875.
  8. Nikulin S.S., Sedyh V.A., Nikulina N.S. Plasticization of polybutadiene by an oligomer obtained on the basis of by-products of the production of dissolved rubber // Khimicheskaya tehnologia (Chemical Technology). 2012. V. 13, № 4. P. 210-215.
  9. Nikulin S.S., Shein V.S., Zlotskij S.S., Cherkashin M.I., Rahmankulov D.L. Waste and by-products of petrochemical industries - raw materials for organic synthesis. М.: Himiya, 1989. 240 p.
  10. Nikulin S.S., Filimonova O.N., Nikulina N.S., Boldyrev V.S. The use of low molecular weight copolymers based on by-products of the production of poly-butadiene with a low styrene content as modifiers of wood-fiber boards // Chemical Industry Today. 2005. № 4. P. 15-17.
  11. Chernykh O.N., Nikulin S.S. Modification of wood with oxidized styrene-containing oligomer from by-products of polybutadiene production // ChemChemTech (Izv. vyssh. ucheb. zavedenij. Ser. Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya). 2007. V. 50, vyp. 2. P. 65-69.
  12. Ugryumov S.A., Osetrov A.V., Sviridov A.V. Evaluation of the properties of modified phenol-formaldehyde oligomers and wood slabs based on them // Adhesives. Sealing. Technologies. 2014. № 10. P. 24-26.
  13. Klyosov A.A. Wood-polymer composites. SPb.: Nauch. osnovy i tekhnologii, 2010. 736 p.
  14. Filimonova O.N. Processing and application of cubic residues of styrene rectification. М.: Akademiya estestvoznaniya, 2009. 76 p.
  15. Mersov E.D. Production of wood-fiber boards. М.: Vysshaya shk., 1989. 231 p.
  16. Ndiwe B. Mechanical performance of a particleboard based on natural hardener // Wood Material Science & Engineering. 2023. V. 18, № 2. P. 345-353.
  17. Kawalerczyk J. Optimization of Isocyanate Content in PF/pMDI Adhesive for the Production of High-Performing Particleboards // Polymers. 2023. V. 15, № 24. P. 4645.
  18. Sidorov S.L., Shapovalova N.N., Molodyka A.V., Nikulin S.S., Glazkov S.S., Malyshev I.I., Sergeev Yu.A., Barten'ev V.K. Synthesis of low molecular weight copolymers from waste products of SC on mineral catalysts // Proizvodstvo i ispol'zovanie elastomerov. 1993. № 4. P. 12-15.
  19. Kornev A.E., Bukhanov A.M., Sheverdyayev O.N. Technology of elastomeric materials. М.: NPPA «Istek», 2009. 504 p.
  20. Dong Y. Improvement of interfacial interaction in impregnated wood via grafting methyl methacrylate onto wood cell walls // Holzfor-schung. 2020. V. 74, № 10. P. 967-977.

*References*

1. Sokolov L.I. Processing and use of oil-containing waste. М.: Infra-Inzheneriya, 2017. 128 p.
2. Shishakina O.A., Palamarchuk A.A. Polymer composite materials in construction // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2019. № 12-2. P. 234-238.
3. Antov P. Eco-friendly, high-density fiberboards bonded with urea-formaldehyde and ammonium lignosulfonate // Polymers. 2021. V. 13, № 2. P. 220.
4. Köse C. Production of Lightweight Three-Layered Particleboards Using Waste Tire Rubbers // Drvna industrija. 2023. V. 74, № 3. P. 277-286.