

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 674.8-036.61.8

КОМПЛЕКСНЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

С. А. Угрюмов, А. А. Федотов, А. В. Осетров

Костромской государственной технологической университет,
Российская Федерация, 156005, Кострома, ул. Держинского, 17
E-mail: ugr-s@yandex.ru

Представлены основные способы повышения физико-механических характеристик древесно-стружечных плит. Выявлено, что значимо повысить физико-механические свойства древесно-стружечных плит можно путём использования древесных частиц определённых пород и размеров, ориентации древесных частиц, применения гидрофобных добавок, методов регулирования технологических режимов горячего прессования, использования новых отвердителей и наполнителей, методов предварительной подготовки и обработки стружки, применения модифицированных и альтернативных связующих.

Ключевые слова: *древесно-стружечные плиты; физико-механические свойства; прочность; водостойкость; гидрофобные добавки; горячее прессование; отвердитель; модификация; альтернативное связующее.*

Введение. Древесина и древесные композиционные материалы издавна широко используются человеком в различных сферах. Уже давно потребление древесных ресурсов на планете превысило возможности производящих сил природы, поэтому с особой остротой встают вопросы повышения эффективности функционирования экономики лесного сектора, совершенствования всех сфер деятельности человека, связанных с переработкой древесины. Исходя из растущего потребления древесины и, зачастую, нерационального её использования, остро стоит вопрос переработки низкосортной древесины и отходов деревообработки. Производство древесных плит позволяет не

только получать конкурентоспособный конструкционный материал с рядом желаемых свойств, но и комплексно использовать древесину и утилизировать древесные отходы. Согласно «Прогнозу развития лесного комплекса России до 2030 г.» [1], потребность в качественных древесно-стружечных плитах сохранится в ближайшие полтора десятилетия, а объёмы их производства вырастут более чем в два раза, при этом вопросам совершенствования физико-механических характеристик древесно-стружечных плит будет уделяться повышенное внимание.

Цель работы – анализ основных способов повышения физико-механических свойств древесно-стружечных плит.

© Угрюмов С. А., Федотов А. А., Осетров А. В., 2014.

Ссылка на статью: Угрюмов С. А., Федотов А. А., Осетров А. В. Комплексные способы повышения физико-механических свойств древесно-стружечных плит // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 1 (25). – С. 34-44.

Решаемые задачи: определение эффективных комплексных способов повышения свойств древесных плит.

Известные комплексные способы повышения физико-механических свойств древесно-стружечных плит. Прочность и водостойкость – одни из важнейших характеристик древесных плит, зависящие от многих факторов: геометрии стружки, породы древесины, ориентирования древесных частиц, применения специальных добавок, характера склеивания древесных частиц в процессе прессования и методов регулирования технологических режимов, использования новых отвердителей и наполнителей, методов предварительной подготовки и обработки стружки, применения модифицированных и новых альтернативных связующих.

Одним из важных показателей, влияющих на прочность изготавливаемых плит, является геометрия используемой стружки [2]. Прочность плит максимально повышается при использовании стружки длиной 40–60 мм, а при дальнейшем увеличении длины падает. Но возникает проблема осмоления частиц такой длины, в связи с чем их, как правило, не используют, поэтому многие авторы отдают предпочтение стружкам длиной 20–40 мм [3, 4]. По данным американских исследований, при длине стружки 40 мм прочность плит наилучшая [5]. Также на физико-механические характеристики древесных плит большое влияние оказывает толщина стружки. С уменьшением толщины стружки увеличивается прочность плит, поскольку стружка становится эластичнее, увеличивается площадь контакта древесных частиц друг с другом, следовательно, и площадь склеивания, растёт число клеевых слоёв в единице объёма, что приводит к повышению прочности плит и уменьшению удельного расхода связующего на единицу поверхности [6]. Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти возрастает при увеличении толщины частиц и достигает максимума при толщине 0,7–0,75 мм.

Дальнейшее увеличение толщины частиц приводит к снижению прочности. Наилучшие значения предела прочности при статическом изгибе обеспечивают относительно тонкие плоские стружки, толщиной от 0,076 до 0,102 мм [5].

Один из важнейших факторов, влияющих на прочность древесно-стружечных плит, по мнению многих исследователей, – порода древесины [7, 8]. При одинаковом содержании связующего плиты из хвойных и мягких лиственных пород примерно на 20 % прочнее плит из древесины берёзы. Это объясняется тем, что в единице объёма материала плиты получается больше клеевых слоёв, которые улучшают и упрочняют её структуру. Основной фактор породы – это её плотность, которая определяет и плотность готовой древесно-стружечной плиты и, следовательно, её прочность. С увеличением плотности плит достигается более плотная укладка древесных частиц, уменьшается доля пустот между ними, увеличивается площадь контакта между частицами и число точечных клеевых связей, в результате чего прочность плит резко повышается, водопоглощение уменьшается, а разбухание по толщине увеличивается [9]. Следствием повышения плотности плит выступает повышение степени контактирования частиц, а вместе с этим растут абсолютные значения предела прочности при статическом изгибе и при отрыве перпендикулярно к пласти плиты. Чем выше плотность, тем выше степень контактирования древесных частиц между собой.

Другим важным фактором для повышения прочности древесных плит является ориентация древесных частиц. Ориентируются обычно только древесные частицы наружных слоёв в каком-либо одном направлении при сохранении хаотичного расположения частиц внутреннего слоя [10], предел прочности плит при статическом изгибе вдоль направления ориентации увеличивается примерно на 50 %. Ориентация древесных частиц способствует образованию каналообразных и

петлеобразных пор, которые определяют фильтрацию газов в капиллярно-пористых телах. При этом значительно снижается внутреннее давление парогазовой смеси в прессуемом пакете.

На физико-механические свойства плит оказывает влияние качество осмоления (эффект распыления связующего) [11, 12]. Максимальную прочность при прочих равных условиях имеют плиты при распыливании связующего на капли, средний диаметр эллипсоидов вращения которых составляет 8–35 мкм. Увеличение угла конусности факела распыления также способствует повышению прочности плит вследствие более равномерного распределения связующего по древесным частицам [13].

Формирование стружечного ковра – одна из важнейших операций в технологическом процессе производства древесно-стружечных плит. От качества формирования стружечного ковра зависит плотность, колебания её по площади плиты, прочность и стабильность её по площади, равномерность толщины, упрессовка плит по толщине при последующем их облицовывании, коробление плит [9]. Для обеспечения равномерной плотности по длине ковров необходимо выполнение трёх основных условий: постоянной по массе производительности транспортёра питателя; непрерывного и равномерного сбрасывания стружки с транспортёра питателя; разрыхления стружки и рассеивания её по длине формируемого ковра [14]. Повышению прочностных показателей (и в первую очередь предела прочности при статическом изгибе на 15 %) способствует наличие фракционирования древесных частиц на стадии формирования стружечного ковра [15].

Одним из важнейших факторов, влияющих на свойства древесных плит, является процесс прессования. Исследования в лабораторных условиях показали, что при использовании синтетических связующих повышение температуры прессования со 180 до 220 °С оказывает благоприятное влияние на повышение прочности плит

при статическом изгибе. Наибольшая интенсивность роста степени контактности частиц наполнителя наблюдается при изменении давления и температуры прессования в пределах 0,5–1,5 МПа и до 135 °С соответственно. При этом время выдержки в прессе существенно не влияет на степень контактирования. Наибольшая скорость роста механической прочности древесно-стружечных плит наблюдается в том случае, когда изменение степени контактности происходит за счёт увеличения давления прессования [16].

Прочность склеивания частиц наполнителя в структуре древесно-стружечной плиты зависит от величины отрицательного воздействия на клеевой шов суммарного разрывающего усилия от упругости при изменении формы древесных частиц и давления парогазовой смеси внутри пакета. Для ослабления этого воздействия на прочность склеивания необходимы меры по переводу упругих деформаций древесины в остаточные [17], а также меры по снижению и регулированию внутреннего давления парогазовой смеси в пакете. Весьма эффективно использование «парового удара» с целью уменьшения упругих напряжений при прессовании плит [18]. Благодаря использованию «парового удара» увеличивается поверхностная прочность плит, ускоряется процесс полимеризации смолы и улучшаются физико-механические свойства плит.

Для повышения адгезионной прочности склеивания частиц наполнителя, а следовательно, для повышения физико-механических свойств плит возможно использование новых отвердителей и наполнителей для связующих. В качестве эффективного отвердителя могут использоваться отходы сланцевых производств (продукты переработки лапоритовых концентратов сернокислотным методом) [19]. В качестве отвердителя может использоваться технический гомосерин в количестве 0,5–4 масс.ч. на 100 масс. ч. смолы. При этом прочностные характеристики плит увеличиваются до 10–25 %, а также

снижается токсичность за счёт более полного отверждения связующего.

Для повышения физико-механических характеристик плит возможно введение наполнителя, в качестве которого используется технический аэросил [20], использование которого способствует увеличению прочностных характеристик до 40–60 %. Введение технического аэросила способствует снижению pH смолы, ускорению процесса отверждения связующего, углублению реакции поликонденсации, повышению однородности клея, что способствует улучшению прочности и снижению времени прессования плит.

Весьма эффективно использование в качестве активных наполнителей клеевых составов на основе синтетических смол наносиликатов и алюмосиликатов, введение которых изменяет реакционную способность и структуру отверждённого связующего, позволяет повысить прочность и водостойкость клеевого соединения в результате изменения пространственной структуры отверждённого полимера, значимо снизить токсичность готовой продукции [21].

Известны способы предварительной обработки стружки веществами различного химического состава. Древесная стружка обрабатывается сначала лигносульфонатами, после чего осуществляется её выдержка, а затем обработка терморезактивной смолой [22], при этом прочностные показатели плит возрастают до 60 %.

Известны различные способы комплексного повышения свойств древесных плит путём модифицирования связующего, используемого при их производстве. Существует способ модификации карбамидоформальдегидных смол, при котором в качестве модифицирующей добавки используется поливинилацетатная дисперсия, пластифицированная смесью полифункциональных соединений, включающих кислородсодержащие циклы, гидроксильные и эфирные группы [23, 24]. В результате модификации предел прочности плит при статическом изгибе повыша-

ется до 10 %, разбухание снижается до 12 %, содержание свободного формальдегида снижается до 30 %.

В клеевом составе часть карбамидоформальдегидной смолы может заменяться параформом [25], в результате такого совмещения предел прочности плит при статическом изгибе и при растяжении перпендикулярно к пласти возрастает до двух раз и более, разбухание по толщине снижается на 20–25 %, содержание свободного формальдегида снижается более чем в 3–4 раза. Модификация синтетических смол олигомерами фуранового ряда также способствует комплексному повышению основных физико-механических характеристик плит [26, 27].

Физико-механические свойства плит значительно повышаются при модификации карбамидоформальдегидных смол кубовым остатком со стадии регенерации трихлорэтилена производства капролактама. В результате модификации предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты повышается до 35 % [28]. При модификации карбамидоформальдегидных смол лигносульфонатами и солями меди с отвердителем персульфатом аммония сильно повышаются физико-механические характеристики готовых плит: предел прочности при статическом изгибе – на 29 %, предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты – на 7 %, разбухание снижается более чем в два раза [29].

Известны способы повышения физико-механических свойств плит путём модификации карбамидоформальдегидных смол в процессе синтеза аминами, и, в частности, этилендиамином. В результате данной модификации предел прочности при статическом изгибе повышается на 32 %, водопоглощение и разбухание по толщине снижаются соответственно на 20 и 8 % [30]. В качестве модификатора карбамидоформальдегидной смолы можно использовать бутадиенстирольный метакрилатный латекс. Благодаря такой модификации предел прочности при растя-

жении перпендикулярно к пласти повышается в два раза, предел прочности при статическом изгибе повышается на 15 %, водостойкость – на 30–40 %, содержание свободного формальдегида снижается в 2–2,5 раза [31]. Для модификации карбамидоформальдегидных смол можно использовать также отходы производства капролактама – кубового остатка регенерации трихлорэтилена. В результате такого способа прочность плит увеличивается в 1,5 раза, в несколько раз снижается содержание свободного формальдегида [32]. При модификации карбамидоформальдегидной смолы поливиниловым спиртом и аминоэпоксидами предел прочности при статическом изгибе и при растяжении перпендикулярно к пласти плиты повышается на 30 и 95 % соответственно, разбухание снижается на 20 % [33].

Известен способ модифицирования фенолформальдегидной смолы смесью резорциномеламинаформальдегидной смолы и водного раствора двуххромовокислого натрия и карбамида. В результате этого предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты повышается в 1,5 раза, значительно улучшается водостойкость плит [34]. Существует способ модификации, заключающийся в использовании модифицирующей добавки на основе нейтрализованного едким натром раствора лигносульфоната с добавлением уротропина и хлористого аммония. При использовании в клеевом составе такой добавки прочность плит повышается до 30 %, разбухание по толщине снижается на 35 % [35].

Весьма значимо использование новых нетрадиционных связующих. В качестве альтернативного связующего может быть использован полиэтилен и полипропилен [36]. Известно изобретение, согласно которому на древесные частицы может наноситься пенополиуретановое связующее, включающее смесь простых полиэфиров – оксипропилированного триола и тетраоксипропилендиамин, стабилизатор пены – сополимер полиорганосилоксана и полиоксисилоксана, вспенивающий агент –

фреон, в качестве катализатора отверждения применяется *n*-аминобензолсульфид, дифенилметандиизоцианат [37]. По данному способу прочностные характеристики плит в зависимости от содержания пенополиуретанового связующего повышаются в два раза и более, значимо снижается разбухание и водопоглощение.

Для повышения водостойкости древесных плит в качестве связующего может быть использована диановая смола, представляющая собой продукт конденсации дифенилолпропана, формальдегида и гидроксида натрия в присутствии буры [38]. Водостойкость при этом увеличивается более чем в два раза.

В качестве эффективного альтернативного связующего может использоваться фурфуrolацетоновый мономер ФА, традиционно применяющийся в производстве полимербетонов. При использовании его в качестве связующего значительно повышается прочность и водостойкость готовых плит (плиты выдерживают длительное кипячение), отсутствует свободный формальдегид [39].

В последние годы ведутся активные разработки и внедряются в промышленность смолы на основе карданола (фенола природного происхождения). Анализ лабораторных и промышленных испытаний показал, что резольные и новолачные карданолформальдегидные смолы позволяют значимо повысить физико-механические и экологические показатели плит за счёт ускорения реакции поликонденсации и более полного связывания компонентов связующего, а также повысить экономическую эффективность плитного производства [40]. Данные смолы в ближайшей перспективе должны заменить фенолформальдегидные.

Выводы. На основании аналитического и патентного обзора проанализированы основные способы повышения физико-механических свойств древесных плит. Выявлено, что на повышение физико-механических свойств плит значительно влияет геометрия стружки, порода древесины, ориентация древесных частиц, применение

гидрофобных добавок, технологические особенности процесса горячего прессования и методы регулирования технологических режимов, использование новых отвердителей и наполнителей, методы предварительной подготовки и обработки стружки.

Наиболее значимо повысить физико-механические свойства плит возможно за счёт применения модифицированных или новых альтернативных связующих, обладающих большей реакционной способно-

стью. Древесно-стружечные плиты, изготовленные с применением альтернативных связующих, обладают повышенной прочностью, водостойкостью, существенно меньшим содержанием свободных токсичных веществ, что позволяет их эффективно использовать в строительстве, в том числе в условиях с переменными температурно-влажностными условиями, производстве мебели, авто-, вагоно-, контейнеростроении и в иных сферах.

Список литературы

1. *Беляев, А.* Тенденции. Нереализованный потенциал / А. Беляев // Лесная индустрия. – 2012. – № 5. – С. 6-10.
2. *Поздняков, А.А.* Прочность и упругость композиционных древесных материалов / А.А. Поздняков. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 136 с.
3. *Грибенчикова, А.В.* Материаловедение в производстве древесных плит и пластиков / А.В. Грибенчикова. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 120 с.
4. *Модлин, Б.Д.* Изготовление стружки для древесно-стружечных плит / Б.Д. Модлин, А.А. Хатилович. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 152 с.
5. *Мелони, Т.* Современное производство древесно-стружечных и древесно-волоконистых плит / Т. Мелони. Пер. с англ. В.В. Амалицкого и Е.И. Карасева. – М.: Лесная промышленность, 1982. – 416 с.
6. *Грибенчикова, А.В.* Материаловедение в производстве древесных плит и пластиков / А.В. Грибенчикова. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 120 с.
7. *Киселева, О.А.* О сроке службы древесно-стружечных плит / О.А. Киселева, В.П. Ярцев // Жилищное строительство. – 2003. – № 10. – С. 24-25.
8. *Шварцман, Г.М.* Производство древесно-стружечных плит / Г.М. Шварцман. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 317 с.
9. *Отлев, И.А.* Интенсификация производства древесно-стружечных плит / И.А. Отлев. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 192 с.
10. *Шварцман, Г.М.* Фракционирование и ориентация древесных частиц при формировании стружечного ковра / Г.М. Шварцман, М.Ш. Пильцер, Г.С. Черкасов. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1972. – 31 с.
11. *Азаров, В.И.* Влияние модификаторов на технологические параметры модифицированных карбамидоформальдегидных олигомеров / В.И. Азаров, Г.Н. Кононов, А.Н. Веревкин, В.С. Дроздова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – № 2. – С. 129-132.
12. *Баженов, В.А.* Технология и оборудование производства древесных плит и пластиков / В.А. Баженов, Е.И. Карасев, Е.Д. Мерсов. – М.: Экология, 1992. – 416 с.
13. *Шедро, Д.А.* Распыливание связующего в производстве древесно-стружечных плит: обзор / Д.А. Шедро, А.А. Веселов. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1971. – 52 с.
14. *Векслер, А.К.* Повышение равномерности формирования стружечных ковров / А.К. Векслер, Л.В. Роднянская. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1975. – 40 с.
15. *Плотников, С.М.* Совершенствование процессов формирования и прессования древесно-стружечных плит: монография / С.М. Плотников. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – 177 с.
16. *Куликов, В.А.* Влияние основных технологических факторов на степень контактности древесных частиц при склеивании древесно-стружечных плит / В.А. Куликов, З.Я. Шестакова, Л.В. Пинтус. – Л.: ЛТА им. С.М. Кирова, 1969. – 8 с.
17. *Савицкий, А.С.* Исследование процесса прессования древесных плит на термопластичном связующем / А.С. Савицкий, И.В. Сапожников, А.А. Шевляков // Научные труды МГУЛ. – 1997. – Вып. 287. – С. 11-18.
18. *Соснин, М.И.* Физические основы прессования древесно-стружечных плит / М.И. Соснин, М.И. Климова. – Новосибирск: Наука, 1981. – 190 с.
19. А. с. 1819769 СССР, В27N3/02. Способ изготовления древесно-стружечных плит / В.М. Сацура, Н.Н. Цыбулько, В.В. Богданова, В.И. Сушко: заявитель и патентообладатель Белорусский технологический институт им. С.М. Кирова и Научно-исследовательский институт физико-химических проблем Белорусского государственного университета им. В.И. Ленина. – № 1232479; заявл. 08.01.1990; опубл. 07.06.1993. Бюл. № 21. – 2 с.

20. А. с. 1771968 СССР, В27N3/02. Способ изготовления древесно-стружечных плит / И.Т. Матюшин, Ф.И. Долгих, В.В. Перепелкин, В.М. Мингазутдинов, С.А. Агибалов: заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт промышленности древесных плит. – № 4887841/154; заявл. 06.12.1990; опубл. 30.10.1992. Бюл. № 40. – 4 с.
21. *Варанкина, Г.С.* Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов: монография / Г.С. Варанкина, А.Н. Чубинский. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – 148 с.
22. А. с. 1386464 СССР, В27N3/02. Способ изготовления древесно-стружечных плит / В.Б. Снопков, Т.В. Сухая, И.А. Хмызов, Е.И. Пухальский, К.А. Панушкин, В.Н. Шайтура, Р.Н. Зарецкая : заявитель и патентообладатель Белорусский технологический институт им. С.М. Кирова. – № 4128750/29-15; заявл. 17.07.1986; опубл. 07.04.1988. Бюл. № 13. – 2 с.
23. *Карпова, Т.Н.* Древесно-стружечные плиты на модифицированном карбамидоформальдегидном связующем / Т.Н. Карпова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 138-141.
24. *Угрюмов, С.А.* Исследование модификации фенолформальдегидного олигомера поливинилацетатной дисперсией применительно к производству кистропит / С.А. Угрюмов, В.Е. Цветков // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2008. – № 4. – С. 107-109.
25. *Цветков, В.Е.* Исследование процессов химической деструкции параформа при синтезе карбамидоформальдегидных олигомеров / В.Е. Цветков, О.П. Мачнева // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2007. – № 6. – С. 106-113.
26. *Федотов, А.А.* Исследование влияния фенолформальдегидных связующих, модифицированных фурановым олигомером, на свойства древесно-стружечных плит / А.А. Федотов, С.А. Угрюмов // Вестник МГУЛ – Лесной Вестник. – 2014. – № 2(101). – С. 122-127.
27. *Осетров, А.В.* Применение клеевых композиций на основе фенолформальдегидного олигомера, модифицированного фурановым, в производстве древесных плит / А.В. Осетров, С.А. Угрюмов, А.А. Федотов // Энциклопедия инженера-химика. – 2014. – № 6. – С. 24-27.
28. *Тришин, С.П.* Термомеханические исследования модифицированных карбамидоформальдегидных полимеров / С.П. Тришин, В.Е. Цветков // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1984. – № 5. – С. 83-86.
29. *Эльберт, А.А.* Применение лигносульфонатов в производстве древесно-стружечных плит повышенной водостойкости / А.А. Эльберт, Л.П. Коврижных, И.Ф. Козловский // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1991. – № 4. – С. 77-81.
30. *Балакин, В.М.* Карбамидоаминоформальдегидные смолы для производства древесно-стружечных плит / В.М. Балакин, А.В. Торицин, Н.Л. Тимошенко // Деревообрабатывающая промышленность. – 1998. – № 4. – С. 21-23.
31. *Глазков, С.С.* Модификация карбамидоформальдегидных смол латексами / С.С. Глазков, В.С. Болдырев // Деревообрабатывающая промышленность. – 1997. – № 4. – С. 15-18.
32. *Цветков, В.Е.* Опыт применения смол, модифицированных отходами производства капролактама / В.Е. Цветков, С.А. Рыженкова, С.П. Тришин и др. // Деревообрабатывающая промышленность. – 1983. – № 9. – С. 4-5.
33. *Цветков, В.Е.* Модифицирование карбамидных смол / В.Е. Цветков, В.И. Азаров, В.П. Лосев и др. // Пластические массы. – 1972. – № 9. – С. 7-8.
34. *Кондратьев, В.П.* Синтетические клеи для древесных материалов / В.П. Кондратьев, В.И. Кондращенко. – М.: Мир, 2004. – 520 с.
35. *Эльберт, А.А.* Совмещенное связующее на основе фенолформальдегидной смолы и лигносульфонатов для древесных плит / А.А. Эльберт, Л.П. Коврижных, В.В. Васильев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1985. – № 3. – С. 75-79.
36. Пат. 1826939 СССР, В27N3/02. Способ производства древесных плит / М.А. Терпугов, Ю.А. Семочкин, А.Л. Липин: заявитель и патентообладатель Терпугов М.А. – № 1232586; заявл. 14.05.1991; опубл. 07.07.1993. Бюл. № 25. – 4 с.
37. Пат. 2016760 РФ, В27N3/02. Способ изготовления древесно-стружечных плит / В.М. Сацура, Н.Н. Цыбулько, А.В. Сацура: заявитель и патентообладатель Белорусский технологический институт им. С.М. Кирова. – № 5034703/15; заявл. 22.07.1991; опубл. 30.07.1994. Бюл. № 14. – 4 с.
38. Пат. 2165441 РФ, МПК⁷ C08L97/02, 63/02, C09K21/14, В27N3/04, C08K5/01. Пресс-композиция для производства трудногорючих плитных материалов / В.И. Кондращенко, Б.Д. Фейло, В.П. Кондратьев, Н.Е. Николаев: заявитель и патентообладатель Кондращенко В.И. – № 2000115034/04; заявл. 15.06.2000; опубл. 20.04.2001. Бюл. № 23. – 5 с.
39. *Угрюмов, С.А.* Оценка влияния технологических факторов на свойства древесно-стружечных плит на основе фурановой смолы / С.А. Угрюмов, А.А. Федотов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 2(16). – С. 36-42.
40. *Шишлов, О.Ф.* Изучение влияния содержания карданола на свойства фенолкарданолформальдегидных смол / О.Ф. Шишлов, С.А. Дожди-ков, В.В. Глухих, О.В. Стоянов // Клеи. Герметики. Технологии. – 2013. – №5. – С. 15-18.

Статья поступила в редакцию 20.01.15.

Информация об авторах

УГРЬЮМОВ Сергей Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Костромской государственной технологической университет. Область научных интересов – техника и технологии производства синтетических олигомеров, клееных древесных материалов. Автор 300 научно-методических работ. E-mail: ugr-s@yandex.ru

ФЕДОТОВ Александр Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Костромской государственной технологической университет. Область научных интересов – технологические процессы производства клееных древесных материалов. Автор 54 научно-методических работ. E-mail: aafedotoff@yandex.ru

ОСЕТРОВ Андрей Валентинович – аспирант кафедры лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, Костромской государственной технологической университет. Область научных интересов – технологические процессы производства древесных плит и пластиков. Автор 14 публикаций. E-mail: sallmon@mail.ru

UDK 674.8-036.61.8

COMPREHENSIVE METHODS FOR IMPROVEMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLE BOARDS

S. A. Ugryumov, A. A. Fedotov, A. V. Osetrov

Kostroma State University of Technology,
17, Dzerzhinskogo St., Kostroma, 156005, Russian Federation
E-mail: ugr-s@yandex.ru

Key words: *particle boards; physical and mechanical properties; durability; water resistance; hydrophobic additives; hot pressing; curing; modification; alternative binder.*

ABSTRACT

Introduction. People use wood and wood composite materials in various fields since the ancient times. Growing consumption of wood and often irrational use of wood provoked much tension around the issue of low-grade wood and wood waste processing. Production of wood-based panels makes it possible to obtain a competitive structural material with a number of desirable properties and to complex use the wood and to recycle the wood waste. Production and consumption of wood-based panels in the coming years will inevitably increase, thus improving the physical and mechanical properties of particle boards will be given a special attention. **The objective** of the research is to make an analysis of the main ways to improve the physical and mechanical properties of particle boards. **Current tasks:** definition of the efficient and comprehensive ways to improve the properties of wood-based panels. **Known complex ways for improvement of physical and mechanical properties of the particle boards.** Physical and mechanical properties of wood-based panels depend on many factors. They are geometry of shavings, wood species, orientation of wood particles, usage of special additives, nature of the bonding of wood particles in the process of pressing and regulation of technological modes, use of new hardeners and fillers, methods of preparation and processing of chips, application of modified and new alternative binders. From the view point of the dimensional parameters of filler particles, the strength of the plates is maximum increasing when using long, thin and soft shavings. The phenomenon is explained by the increase of the area of contact of wood particles with each other and the number of adhesive layers. From the point of view of the quality of the bonded layer formation, it is fractionation occurrence of wood particles at the stage of the bonded layer formation which improves the strength characteristics. The properties of plates largely depend on the modes of hot pressing, thus increase in temperature and time compression contribute to increase of the strength of the boards. It is possible to improve the properties of the boards by means of the increase of the intensity of heating of the chip mat (method of "steam flow"). To improve the adhesion strength of bonding particles of filler, and, consequently, to improve physical and mechanical properties of boards, it is possible to use the new hardeners and fillers for binding and to process the fillers with the chemically active compounds. It is very effective to improve the properties of wood-based panels by modifying the binder used in production, and use of new alternative binders with the improved adhesive properties capable of forming durable and water-resistant adhesive bonding. **Conclusion.** Physical and mechanical properties of boards is possible to be improved through the use of modified or new alternative binder with better reactivity.

REFERENCES

1. Belyaev A. Tendentsii. Nerealizovannyi potentsial [Trends. Spare Capacity]. *Lesnaya industriya* [Forest Industry]. 2012. № 5. Pp. 6-10.
2. Pozdnyakov A.A. *Prochnost i uprugost kompozitsionnykh drevesnykh materialov* [Strength and Resilience of Composite Wood Materials]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1988. 136 p.
3. Gribenchikova A.V. *Materialovedenie v proizvodstve drevesnykh plit i plastikov* [Material Science in Production of Chipboards and Plastics]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1988. 120 p.
4. Modlin B.D., Khatilovich A.A. *Izgotovlenie struzhki dlya drevesno-struzhechnykh plit* [Chippings Production for Chipboards]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1988. 152 p.
5. Meloni T. *Sovremennoe proizvodstvo drevesno-struzhechnykh i drevesno-voлокнистых plit. Per. s angl. V.V. Amalitskogo i E.I. Karaseva.* [Production of Chipboards and Fibreboards Today. Translated from English by V.V. Amalitskiy and E.I. Karasev]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1982. 416 p.
6. Gribenchikova A.V. *Materialovedenie v proizvodstve drevesnykh plit i plastikov* [Material Science in Production of Chipboards and Plastics]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1988. 120 p.
7. Kiseleva O.A., Yartsev V.P. O sroke sluzhby drevesno-struzhechnykh plit [On the Durability of Chipboards]. *Zhilishchnoe stroitelstvo* [House Building.]. 2003. №10. P. 24-25.
8. Shvartsman G.M. *Proizvodstvo drevesno-struzhechnykh plit* [Chip Boards Production]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1977. 317 p.
9. Otlev I.A. *Intensifikatsiya proizvodstva drevesno-struzhechnykh plit* [Intensification of Chip Boards Production]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1989. 192 p.
10. Shvartsman G.M., Piltser M.Sh., Cherkasov G.S. *Fraksionirovanie i orientatsiya drevesnykh chastits pri formirovanii struzhechnogo kovra* [Separation and Wood Particles Orientation in Formation of the Mat]. Moscow: VNIPIEIllesprom, 1972. 31 p.
11. Azarov V.I., Kononov G.N., Verevkin A.N., Drozdova V.S. Vliyanie modifikatorov na tekhnologicheskie parametry modifitsirovannykh karbamidoformaldegidnykh oligomerov [Modifiers Influence on the Technological Parameters of the Modified Carbamide-Formaldehyde Oligomers]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State Forest University – Forest Vestnik.]. 2009. № 2. Pp. 129-132.
12. Bazhenov V.A., Karasev E.I., Mersov E.D. *Tekhnologiya i oborudovanie proizvodstva drevesnykh plit i plastikov* [Production Technology and Equipment for the Chipboards and Plastics]. Moscow: Ekologiya, 1992. 416 p.
13. Shedro D.A., Veselov A.A. *Raspylivanie svyazuyushchego v proizvodstve drevesno-struzhechnykh plit: obzor* [Resin Spaying in Production of Chipboards: review]. Moscow: VNIPIEIllesprom, 1971. 52 p.
14. Veksler A.K., Rodnyanskaya L.V. *Povyshenie ravnomernosti formirovaniya struzhechnykh kovrov* [Improvement of the Particle Spreading Equability]. Moscow: VNIPIEIllesprom, 1975. 40 p.
15. Plotnikov S.M. *Sovershenstvovanie protsessov formirovaniya i pressovaniya drevesno-struzhechnykh plit: monografiya* [Improvement of the Processes for Formation and Pressing of Chipboards: monograph]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2007. 177 p.
16. Kulikov V.A., Shestakova Z.Ya., Pintus L.V. *Vliyanie osnovnykh tekhnologicheskikh faktorov na stepen kontaktности drevesnykh chastits pri skleivanii drevesno-struzhechnykh plit* [Influence of the Basic Technological Factors on the Contact Level of Wood Particles in Chipboards Gluing]. Leningrad: Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M.Kirov, 1969. 8 p.
17. Savitskiy A.S., Sapozhnikov I.V., Shevlyakov A.A. *Issledovanie protsessa pressovaniya drevesnykh plit na termoplastichnom svyazuyushchem* [Study of the Process for Formation and Pressing of Chipboards based on the Thermofluid Vehicle]. *Nauchnye trudy MGUL* [Scientific Papers of Moscow State Forest University]. 1997. Issue. 287. Pp. 11-18.
18. Sosnin M.I., Klimova M.I. *Fizicheskie osnovy pressovaniya drevesno-struzhechnykh plit* [Physics of Chipboards Pressing]. Novosibirsk: Nauka, 1981. 190 p.
19. Satsura V.M., Tsybulko N.N., Bogdanova V.V., Sushko V.I. *Sposob izgotovleniya drevesno-struzhechnykh plit* [A Way to Manufacture Chipboards]. USSR invention certificate, no 1819769, 1993.
20. Matyushin I.T., Dolgikh F.I., Perepelkin V.V., Mingazutdinov V.M., Agibalov S.A. *Sposob izgotovleniya drevesno-struzhechnykh plit* [A Way to Manufacture Chipboards]. USSR invention certificate, no 1771968, 1992.
21. Varankina G.S., Chubinskiy A.N. *Formirovanie nizkotoksichnykh kleenykh drevesnykh materialov: monografiya* [Production of Low-Toxic Bound Woody Materials: monograph]. Saint-Petersburg: Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M. Kirov, 2014. 148 p.
22. Snopkov V.B., Sukhaya T.V., Khmyzov I.A., Pukhalskiy E.I., Panushkin K.A., Shaytura V.N., Zaretskaya R.N. *Sposob izgotovleniya drevesno-struzhechnykh plit* [A Way to Manufacture Chipboards]. USSR invention certificate, no 13864642, 1988.
23. Karpova T.N. *Drevesno-struzhechnye plity na modifitsirovannom karbamidoformaldegidnom*

svyazuyushchem [Chipboards on the Basis of the Modified Carbamide-Formaldehyde Bonding]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State University of Forestry – Forest Vestnik]. 2011. № 5. Pp. 138-141.

24. Ugryumov S.A., Tsvetkov V.E. Issledovanie modifikatsii fenolformaldegidnogo oligomera polivinilatsetatnoy dispersiei primenitelno k proizvodstvu kostroplit. [Study of the Modification of Phenolformaldehyde Oligomer with the Polyvinyl Acetate Dispersion for the Boards Production]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State University of Forestry – Forest Vestnik]. 2008. № 4. Pp. 107-109.

25. Tsvetkov V.E., Machneva O.P. Issledovanie protsessov khimicheskoy destruktsii paraforma pri sinteze karbamidoformaldegidnykh oligomerov [Study of the Processes Chemical Destruction Paraform in the Sythesis of Carbamide-Formaldehyde Oligomers]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State University of Forestry – Forest Vestnik]. 2007. № 6. Pp. 106-113.

26. Fedotov A.A., Ugryumov S.A. Issledovanie vliyaniya fenolformaldegidnykh svyazuyushchikh, modifitsirovannykh furanovym oligomerom, na svoystva drevesno-struzhechnykh plit [Study of the Influence of Phenolformaldehyde Binders, Modified with the Furan Oligomer on the Properties of Chipboards]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State University of Forestry – Forest Vestnik]. 2014. № 2(101). Pp. 122-127.

27. Osetrov A.V., Ugryumov S.A., Fedotov A.A. Primenenie kleevykh kompozitsiy na osnove fenolformaldegidnogo oligomera, modifitsirovannogo furanovym, v proizvodstve drevesnykh plit [Use of Adhesive Compositions on the Basis of Phenolformaldehyde Oligomer, Modified with the Furan Oligomer in Production of Wood Boards]. *Entsiklopediya inzhenera-khimika* [Encyclopedia of a Chemical Engineer]. 2014. № 6. Pp. 24-27.

28. Trishin S.P., Tsvetkov V.E. Termomekhanicheskie issledovaniya modifitsirovannykh karbamidoformaldegidnykh polimerov [Thermomechanical Studies of the Modified Urea-Formaldehyde Resins]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of Higher Educational Institutions. Forest Journal]. 1984. № 5. Pp. 83-86.

29. Elbert A.A., Kovrizhnykh L.P., Kozlovskiy I.F. Primenenie lignosulfonatov v proizvodstve drevesno-struzhechnykh plit povyshennoy vodostoykosti [Use of Lignosulfonates in Manufacturing of the Chipboards with the Increased Water Resistance]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of Higher Educational Institutions. Forest Journal]. 1991. № 4. Pp. 77-81.

30. Balakin V.M., Toritsin A.V., Timoshenko N.L. Karbamidoaminoformaldegidnye smoly dlya

proizvodstva drevesno-struzhechnykh plit [Karbamidoaminoformaldehyde Resin to Manufacture Chipboards]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost* [Wood-Working Industry]. 1998. № 4. Pp. 21-23.

31. Glazkov S.S., Boldyrev V.S. Modifikatsiya karbamidoformaldegidnykh smol lateksami [Modification of the Amino-Formaldehyde Resin with the Latex]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost* [Wood-Working Industry]. 1997. № 4. Pp. 15-18.

32. Tsvetkov V.E., Ryzhenkova S.A., Trishin S.P., et al. Opyt primeneniya smol, modifitsirovannykh otkhodami proizvodstva kaprolaktama [An Experience of Use of the Resin, Modified with the Waste of Caprolactam Manufacture]. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost* [Wood-Working Industry]. 1983. № 9. Pp. 4-5.

33. Tsvetkov V.E., Azarov V.I., Losev V.P., et al. Modifitsirovanie karbamidnykh smol [Modifying of the Carbamide Resins]. *Plasticheskie massy* [Plastic Material]. 1972. № 9. Pp. 7-8.

34. Kondratev V.P., Kondrashchenko V.I. *Sinteticheskie klei dlya drevesnykh materialov* [Synthetic Resin Adhesive for Woody Materials]. Moscow: Mir, 2004. 520 p.

35. Elbert A.A., Kovrizhnykh L.P., Vasilev V.V. Sovmeshchennoe svyazuyushchee na osnove fenolformaldegidnoy smoly i lignosulfonatov dlya drevesnykh plit [The superimposed Binder on the Basis of Phenolformaldehyde Resin and Lignosulfonate for Wood Boards]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of Higher Educational Institutions. Forest Journal]. 1985. № 3. Pp. 75-79.

36. Terpugov M.A., Semochkin Yu.A., Lipin A.L. Sposob proizvodstva drevesnykh plit [A Way to Manufacture Wood Boards]. Patent USSR, no 1826939, 1993.

37. Satsura V.M., Tsybulko N.N., Satsura A.V. Sposob izgotovleniya drevesno-struzhechnykh plit. [A Way to Manufacture Chipboards]. Patent RF, no 2016760, 1994.

38. Kondrashchenko V.I., Feylo B.D., Kondratev V.P., Nikolaev N.E. Press-kompozitsiya dlya proizvodstva trudnogoryuchikh plitnykh materialov [Molding Compound to Manufacture Low-Combustible Slabby Materials]. Patent RF, no 2165441, 2001.

39. Ugryumov S.A., Fedotov A.A. Otsenka vliyaniya tekhnologicheskikh faktorov na svoystva drevesno-struzhechnykh plit na osnove furanovoy smoly [Assessment of Influence of the Technological Factors on the Properties of the Chipboards Made on the Basis of Furan Resin]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.]. 2012. № 2(16). Pp. 36-42.

40. Shishlov O.F., Dozhdikov S.A., Glukhikh V.V., Stoyanov O.V. Izuchenie vliyaniya sodержaniya kardanola na svoystva fenolkardanol-formaldegidnykh smol [Study of the Influence of Car-danol Content on the Properties of Fenolkardanol-formaldehyde Resins]. *Klei. Germetiki. Tekhnologii.* [Glues. Hermetics. Technologies.]. 2013. №5. Pp. 15-18.

The article was received 20.01.15.

Citation for an article: Ugryumov S. A., Fedotov A. A., Osetrov A. V. Comprehensive methods for improvement of physical and me-chanical properties of particle boards. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2015. No 1 (25). Pp. 34-44.

Information about the authors

UGRYUMOV Sergey Alexeyevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Chair of Timber Cutting and Wood Processing Industries, Kostroma State University of Technology. Research interests – techniques and technologies of production of synthetical oligomers, bounded wood products. The author of 300 research papers. E-mail: ugr-s@yandex.ru

FEDOTOV Alexander Andreyevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Chair of Timber Cutting and Wood Processing Industries, Kostroma State University of Technology. Research interests – production process for bounded wood products. The author of 54 research papers. E-mail: aafedotoff@yandex.ru

OSETROV Andrey Valentinovich – Postgraduate student at the Chair of Timber Cutting and Wood Processing Industries, Kostroma State University of Technology. Research interests – production process of chipboards and plastic. The author of 14 research papers. E-mail: sallmon@mail.ru