

$$\begin{aligned}
 & m_{\text{ПР.К}} \cdot L_K^2 \cdot \alpha + m_{\text{ПР.С}} \cdot OC^2 \cdot \alpha + m_{\text{ПР.С}} \cdot OC \cdot L \cdot \varphi \cdot \frac{L^2 - L_K \cdot L}{L \cdot OC} \cdot \cos \varphi_H + \varphi - \\
 & - m_{\text{ПР.С}} \cdot OC \cdot L \cdot \varphi^2 \cdot \frac{L^2 - L_K \cdot L}{L \cdot OC} \cdot \sin \varphi_H + \varphi = \\
 & = P_C \cdot \sin \alpha_2 \cdot \ell_9 - G_{\text{ПР.К}}^K + G_{\text{ПР.К}}^C \cdot L_K \cdot \cos \alpha_1 - 2m_{\text{ПР.С}} \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot L \cdot L_K \cdot \cos \gamma_1 \cdot \\
 & (m_{\text{ПР.С}} L^2 + I_C) \varphi + m_{\text{ПР.С}} \cdot OC \cdot \alpha \cdot L \cdot \frac{L^2 - L_K \cdot L}{L \cdot OC} \cdot \cos \varphi_H + \varphi = P \ell \sin \beta - m_{\text{ПР.С}} g L. \quad (18)
 \end{aligned}$$

**Заключение.** В результате выполненной работы получена система неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка, являющихся основой математических моделей лесопогрузчиков поворотного типа при работе в режиме подъема груза. Из уравнений следует, что состояние нагруженности элементов конструкции лесопогрузчика зависит от ряда конструктивных и эксплуатационных факторов.

### Литература

1. Емтыль З.К. Совершенствование кинематики, динамики и конструкции лесопромышленных гидроманипуляторов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2002. – 35 с.
2. Канунник И.А., Кулина М.И. Основы механики роботов. Динамика промышленных роботов. – Красноярск: Изд-во СТИ, 1992. – 64 с.
3. Полетайкин В.Ф. Прикладная механика лесных подъёмно-транспортных машин. Лесопогрузчики гусеничные: моногр. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2010. – 247 с.
4. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч. 2. Динамика. – М.: Высш. шк., 1966. – 411 с.



УДК 674.816.3

Г.П. Плотникова, Н.П. Плотников, С.В. Денисов, И.Н. Чельшева

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕКОНДИЦИОННОГО СЫРЬЯ

*Выявлены режимные параметры процесса прессования древесно-стружечных плит с использованием некондиционного сырья и их влияние на качественные показатели готовой продукции.*

**Ключевые слова:** древесно-стружечные плиты, некондиционная древесина, режимы прессования, физико-механические показатели.

G.P. Plotnikova, N.P. Plotnikov, S.V. Denisov, I.N. Chelysheva

### MODES RESEARCH OF WOOD-CHIP BOARD MANUFACTURING WITH THE OFF-GRADE RAW MATERIALS USE

*Mode parameters of wood-chip board pressing process with the use of off-grade raw materials and their influence on finished commodity quality indicators are revealed.*

**Keywords:** wood-chip boards, off-grade wood, pressing modes, physical and mechanical indicators.

В основных направлениях развития производства древесно-стружечных плит намечены и реализуются планы по повышению качества и увеличению производственных мощностей предприятий. В связи с увеличением производственных мощностей в последние годы обнаруживается тенденция снижения запасов здорового сырья, его дефицитности и возникает необходимость вовлечения в технологию неиспользуемых отходов, не находящихся применения из-за несоответствия их приемочным требованиям.

Вторичной переработке материалов в связи с сокращением древесных ресурсов уделяется большое внимание в Европе и США. Такие технологии утилизации называют «рециклами». Предложено изготавливать древесно-стружечных плит (ДСтП) из железнодорожных шпал 20-летней эксплуатации, из использованной деревянной тары. Сообщается о переработке старых ДСтП и древесно-волоконистых плит (ДВП), плиты измельчают, обрабатывают дереворазрушающими грибами, горячей щелочью и вновь прессуют с добавкой связующего. Очевидно, что в производстве ДСтП использование вторичного сырья должно занять соответствующее место в сырьевой базе предприятий, расположенных в зоне крупных городов [1–2].

На территории Сибири в настоящее время находится большое число мелких лесопильных и деревообрабатывающих предприятий, действующих и ликвидированных в течение последних десяти лет. Отходы таких предприятий по тем или иным причинам не использовались и пролежали на открытом воздухе более двух-трех лет. Применение их сегодня в различных производствах должно подкрепляться научными основаниями, обеспечивая качество и безопасность выпускаемой продукции. Поэтому направление утилизации указанного сырья «в продукт» является современной и актуальной задачей.

Наши исследования посвящены установлению возможности использования в производстве древесно-стружечных плит некондиционного сырья – отходов деревообрабатывающих и лесопильных производств, находившихся на открытом воздухе более одного года. Принято считать, что эта часть древесных отходов не пригодна для производства технологической щепы и единственно возможное направление ее полезной утилизации есть энергетическое использование в топках котельных установок [3].

**Целью работы** является повышение эффективности производства древесно-стружечных плит за счет вовлечения в технологию неиспользуемых отходов деревообрабатывающих производств, находившихся на открытом воздухе более одного года.

Для установления оптимальных режимов прессования древесно-стружечных плит, изготавливаемых с использованием некондиционного сырья, были проведены поисковые испытания изготовления ДСтП [4,5] при варьировании технологических параметров: температуры, продолжительности прессования, результаты которых приведены на рисунке 2,3. Прессование плит осуществлялось на лабораторном мини-прессе, размеры плит 300х400х17,5 мм. При таких маленьких размерах запрессовок образующаяся в брикете парогазовая смесь удаляется через кромки, создается ситуация, характерная для процесса прессования на сетчатых поддонах. Поэтому для приближения процесса прессования на лабораторном прессе к условиям производства ДСтП без поддонов краевая зона образцов изготавливалась повышенной плотности. Для затруднения выхода парогазовой смеси через кромки для испытаний использовалась только средняя часть образца. Плиты изготавливались при расходе связующего 12–14% к массе стружки по сухому веществу для различных слоев. Порода древесины – 100% сосна. Продолжительность прессования варьировалась от 0,23 до 0,29 мин/мм.

Температуру плит пресса варьировали исходя из следующих соображений. Температуру прессования в многостажных прессах рекомендуется использовать в пределах 160–180°C. Более высокие температуры прессования допускается применять только в случае, если время операций по загрузке, смыканию плит пресса и посадке ковра на дистанционные планки составляет в совокупности не более 60 с. Условия прессования на предприятии, на котором была апробирована разработанная композиция, соответствуют этому требованию. Исходя из этого, температуру плит пресса в постановке однофакторных поисковых экспериментов варьировали на уровнях: 180, 190, 200°C.

Давление прессования определяется возможностью гидравлической системы, но его также рекомендуется принимать таким, чтобы упрессовка ковров достигалась бы за время не более одной минуты. Применяемое давление 2,3 МПа способно обеспечивать указанные требования.

После посадки плит пресса на дистанционные планки возникает избыточное давление парогазовой смеси. Чтобы предупредить расслоение плит при раскрытии термоплит пресса и снижение механических характеристик готовых ДСтП, возникающих при наличии высокого избыточного давления парогазовой смеси, давление прессования после основной выдержки и достижения температуры в среднем слое 100°C и выше, принято решение снижать до 0,26 МПа. Далее рекомендуют снижать давление до нуля в течение 30–45 с. В соответствии с рекомендациями принято решение – в конце прессования предусмотреть выдержку без давления в течение 15 с с целью углубления степени отверждения связующего во внутреннем слое и повышения его прочности. Избыточное давление парогазовой смеси при выдержке в прессе без давления

снижается до безопасного значения, что способствует улучшению склеивания частиц и повышению адгезионной и когезионной прочности плиты.

Принятая диаграмма прессования представлена на рисунке 1.

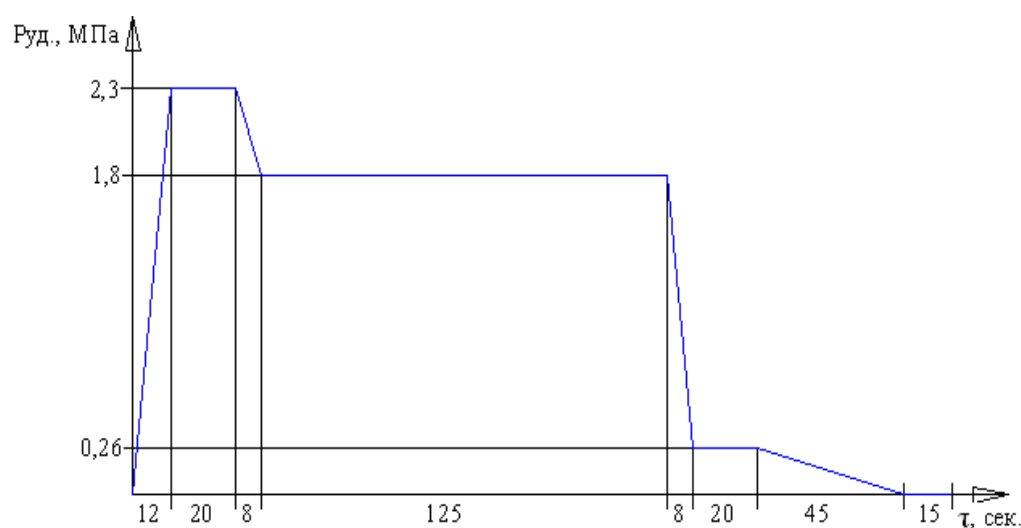


Рис. 1. Диаграмма прессования

Влияние технологических параметров прессования на физико-механические характеристики древесно-стружечных плит, изготовленных с использованием некондиционного сырья в составе внутреннего слоя 20% от продолжительности прессования при варьировании температуры от 180 до 200°C, представлено зависимостями на рисунках 2, 3.

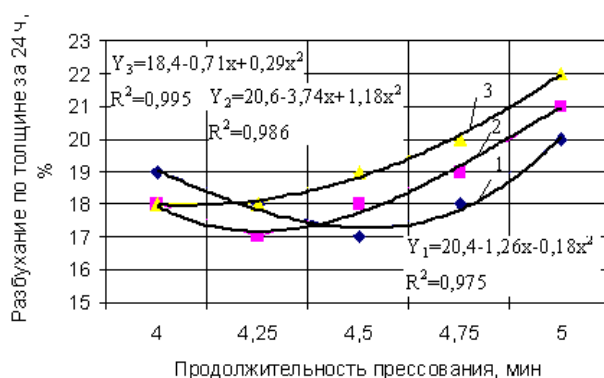
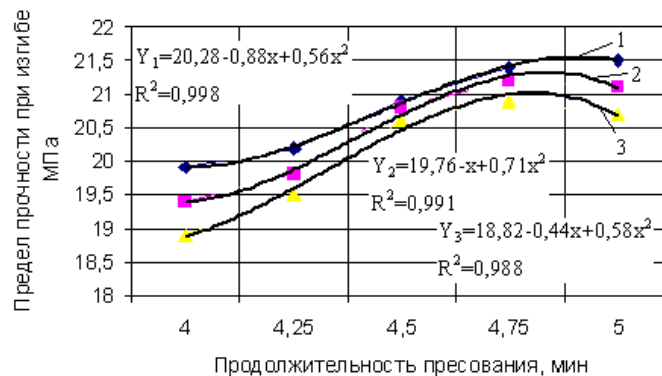


Рис. 2. Зависимость физических характеристик ДСтП от продолжительности прессования при различной температуре плит пресса: 1 – 180°C; 2 – 190°C; 3 – 200°C

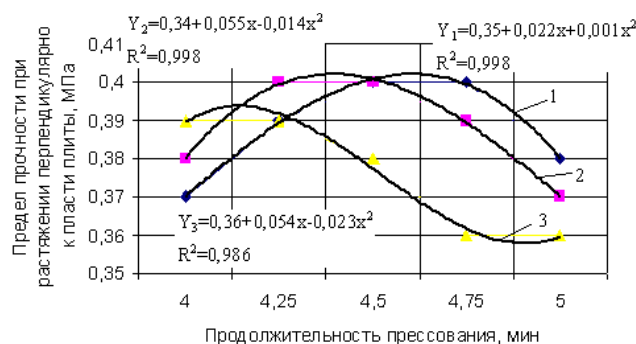
Согласно анализу полученных зависимостей, максимальная прочность ДСтП при растяжении перпендикулярно к пласти плиты достигается при температуре прессования 180°C за 4,5–4,75 мин (0,26–0,27 мин/мм), при 190°C – за 4,25–4,5 мин (0,24–0,26 мин/мм), при 200°C – за 4,0–4,25 мин (0,23–0,24 мин/мм). Такая же тенденция наблюдается и для параметра разбухания по толщине за 24 ч. Для прочности плит при изгибе эта зависимость слабо выражена. Исходя из этого, считаем допустимым для изготовления древесно-стружечных плит с использованием некондиционного сырья установить температуру прессования постоянной – 190±5°C. Как установлено ранее [2–4], некондиционная древесина обладает повышенной кислотностью, а в кислой среде наряду с диметиленэфирными связями образуются и более термогидролитически устойчивые метиленовые связи, что объясняет полученные экстремумы.

Отрицательное влияние некондиционного сырья на качественные показатели древесно-стружечных плит предложено компенсировать при выполнении следующих условий:

- введение некондиционного сырья только в состав внутреннего слоя;
- создание стружечной композиции внутреннего слоя: добавление стружки-отхода от оцилиндровки круглых сортиментов [6].



а



б

Рис. 3. Зависимость механических характеристик ДСтП от продолжительности прессования при различной температуре плит пресса: 1 – 180°C; 2 – 190°C; 3 – 200°C; а – предела прочности при изгибе, МПа; б – предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, МПа

Зависимости физико-механических показателей древесно-стружечных плит от состава стружечной композиции внутреннего слоя с использованием некондиционного сырья представлены на рисунках 4, 5. Изготовление плит осуществлялось при температуре прессования  $190 \pm 5^\circ\text{C}$ , уровни варьирования продолжительности прессования приняты исходя из полученных экстремумов при постановке экспериментов, представленных на рисунках 2, 3: от 0,24 до 0,27 мин/мм.

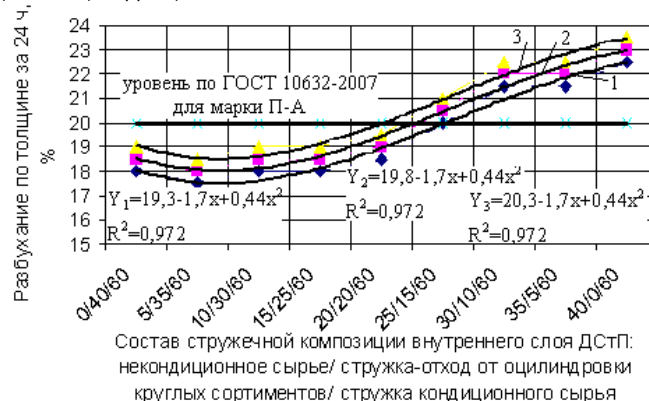


Рис. 4. Зависимость физических характеристик ДСтП от состава стружечной композиции внутреннего слоя при различной продолжительности прессования ( $t=190^\circ\text{C}$ ): 1 – 0,24 мин/мм; 2 – 0,26 мин/мм; 3 – 0,27 мин/мм

Анализ представленных на рисунке 4 зависимостей позволяет сделать заключение, что разбухание ДСтП по толщине не отличается от разбухания плит, изготовленных по стандартной технологии из кондиционного сырья, при наличии в составе стружечной композиции внутреннего слоя до 20% некондиции.

Согласно представленным на рисунке 5 зависимостям, прочность древесно-стружечных плит при изгибе не изменяется до содержания некондиционного сырья в композиции внутреннего слоя 20%. Это хорошо согласуется с тем утверждением, что прочность ДСтП при изгибе определяется в большей степени характеристикой стружечно-клеевой композиции наружных слоев. Таким образом, подтверждаются теоретические предпосылки о том, что стружка-отход из здоровой древесины частично компенсирует несоответствие фракционного состава некондиционного сырья. Значит, создание стружечной композиции внутреннего слоя способно компенсировать отрицательное влияние морфологических характеристик стружки, полученной из некондиционного сырья.

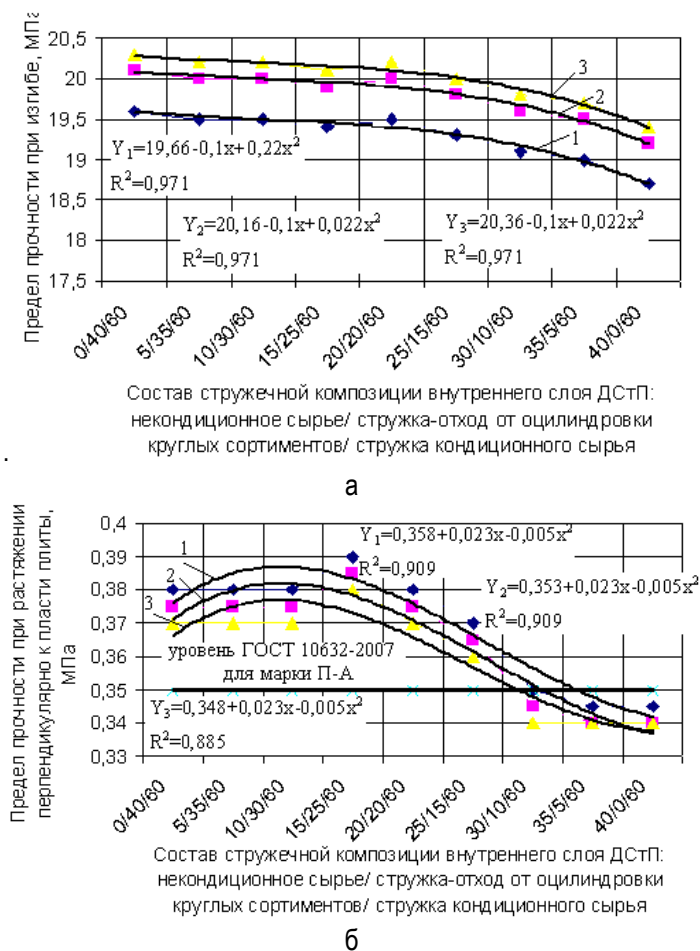


Рис. 5. Зависимость механических характеристик ДСтП от состава стружечной композиции внутреннего слоя при различной продолжительности прессования ( $t=190^{\circ}\text{C}$ ): 1 – 0,24 мин/мм; 2 – 0,26 мин/мм; 3 – 0,27 мин/мм; а – предела прочности при изгибе, МПа; б – предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, МПа

Прочность древесно-стружечных плит при растяжении перпендикулярно к пласти плиты при количестве добавления некондиционного сырья в составе композиции внутреннего слоя до 20% имеет даже экстремум в сторону увеличения (максимум). Дальнейшее увеличение содержания некондиционного сырья в пресскомпозиции внутреннего слоя с 20 до 40% приводит к снижению прочности ДСтП при растяжении перпендикулярно пласти на 10–13%. Это связано, по-видимому, с недостаточным количеством гидроксиметильных групп в древесине некондиционного сырья, способных к взаимодействию с такими же группами связующего. Поэтому оптимальным составом стружечной композиции с применением некондиционного сырья и сохранением качественных показателей ДСтП является: наружный слой – 100% кондиционное сырье; внут-

ренный слой – некондиционное сырье – 20%; стружка-отход от оцилиндровки круглых сортиментов 20%; кондиционное сырье – 60%.

На основе полученных результатов исследований, представленных на рисунках 4,5, установлено, что добавление стружки-отхода в состав сырьевой композиции внутреннего слоя до 20% (в соотношении некондиция/стружка-отход/кондиция: 20/20/60) способствует компенсации отрицательного влияния некондиционного сырья на качественные показатели древесно-стружечных плит и позволяет получать плиты, соответствующие требованиям отечественного и европейского стандартов (ГОСТ 10632-2007 [7], EN 312-2, EN 312-3 [8,9]), что подтверждает выдвинутые ранее теоретические предположения.

### **Выводы**

1. Исследована и доказана возможность использования некондиционного сырья в производстве древесно-стружечных плит.

2. Установлено, что некондиционное сырье может быть использовано в составе внутреннего слоя ДСтП до 20% включительно, что составляет порядка 10–15% от всей пресскомпозиции, если в состав сырья для компенсации вводить стружку-отход от оцилиндровки круглых сортиментов.

### **Литература**

1. Технологии безопасной переработки отходов и санации техногенно загрязненных технологий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999. – № 3–4; 2001. – №1.
2. Благуи И.С. Состояние и перспективы развития лесопромышленного комплекса Карпатского региона // Экономика и управление. – 1990. – № 4. – С. 33–40.
3. Верес В.Ф. Обзор безотходного производства // Прикарпатлес. – Ужгород: Карпаты, 1986. – 125 с.
4. Плотникова Г.П., Денисов С.В., Челышева И.Н. Повышение эффективности производства древесно-стружечных плит // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2010. – № 7. – С.152–158.
5. Плотникова Г.П., Плотников Н.П., Денисов С.В. Исследование возможности использования некондиционного сырья в производстве древесно-стружечных плит // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2012. – № 8. – С.191–195.
6. Плотникова Г.П., Плотников Н.П. Исследование возможности использования стружки-отхода от оцилиндровки круглых лесоматериалов в производстве древесно-стружечных плит // Наука и прогресс. – Киев: НАИРИ, 2012. – С. 59–61.
7. ГОСТ 10632-2007. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007. – 16 с.
8. EN 312-2. Плиты стружечные. Технические условия. Ч. 2. Требования к плитам для обычного применения в сухих помещениях. – М., 1996. – 8 с.
9. EN 312-3. Плиты стружечные. Технические условия. Ч. 3. Требования к плитам для внутренней отделки (включая мебель) сухих помещений. – М., 1996. – 8 с.

