

## КОМПОЗИТЫ ИЗ МЯГКОЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА SOFTWOOD COMPOSITES FOR CONSTRUCTION

**Лукаш А.А.**, доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Россия, Брянск. **Lukash A.A.**, Doctor of Technical Sciences, associate professor FGBOU VO «Bryansk State University of Engineering and Technology», Bryansk, Russia.

**Лукутцова Н.П.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Россия, Брянск. **Lukuttsova N.P.**, Doctor of Technical Sciences, professor FGBOU VO «Bryansk State University of Engineering and Technology», Bryansk, Russia.

**Колотвин К.П.**, магистрант ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Россия, Брянск. **Kolotvin K.P.**, Master's student FGBOU VO «Bryansk State University of Engineering and Technology», Bryansk, Russia.

**Разрезов К.В.**, магистрант ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Россия, Брянск. **Razrezov K.V.**, Master's student FGBOU VO «Bryansk State University of Engineering and Technology», Bryansk, Russia.

**Феллух А.**, аспирант ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Россия, Брянск. **Felluh A.**, post-graduate student FGBOU VO «Bryansk State University of Engineering and Technology», Bryansk, Russia.

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы вторичного использования производственных отходов от обработки древесины мягких лиственных пород (МЛП). Показано, что утилизация техногенных отходов на полигонах нежелательна, а использование древесных отходов для выработки тепловой энергии для отопления ограничивается осенне-зимним периодом. Обосновано, что из отходов переработки древесины мягких лиственных пород наиболее целесообразно изготавливать композиты т.к. потребность в недорогих строительных материалах постоянно возрастает. Древесно-цементные материалы из древесины мягколиственных пород практически не производятся из-за наличия растворимых в воде сахаридов, которые ухудшают процесс гидратации цемента. Для исключения негативного влияния экстрагируемых веществ предлагается использовать в качестве связующего карбамидоформальдегидный клей. Получена математическая зависимость прочности при сжатии композита из древесины мягких лиственных пород от расхода клея, древесины и продолжительности выдержки после формования. Установлены параметры режима изготовления композита: расход древесины – 190...195 кг/м<sup>3</sup>, расход карбамидоформальдегидного клея – 262...270 кг/м<sup>3</sup>; продолжительность выдержки после формования – 6 суток. Выявлены способы снижения выделения из композитов свободного

формальдегида. Установлено, что в паровоздушной смеси через 12 суток экспозиции стружечно-клеявого композита отсутствуют ранее обнаруженные микропримеси формальдегида, а стружечно-клеевой композит можно использовать в строительстве без ограничений.

**Summary.** The article deals with the issues of secondary use of industrial waste from the processing of soft hardwood wood. It is shown that the disposal of man-made waste in landfills is undesirable, and the use of wood waste to generate heat for heating is limited to the autumn-winter period. It is proved that it is most expedient to make composites from the waste of processing soft hardwood wood, since the need for inexpensive building materials is constantly increasing. Wood-cement materials from soft-leaved wood are practically not produced due to the presence of water-soluble saccharides, which worsen the process of hydration of cement. It is proposed to use binders that harden quickly in the production of composites made of soft hardwood. To exclude the negative influence of the extracted substances, it is proposed to use urea-formaldehyde glue as a binder. The mathematical dependence of the compressive strength of a composite made of soft hardwood on the glue consumption, wood consumption and the duration of exposure after molding is obtained. The parameters of the composite manufacturing mode are set: wood consumption-190 ... 195 kg/m<sup>3</sup>, urea-formaldehyde glue consumption-262...270 kg/m<sup>3</sup>; the duration of exposure after molding – 6 days. Methods for reducing the release of free formaldehyde from composites have been identified. It was found that in the steam-air mixture after 12 days of exposure of the chip-and-glue composite, there are no previously detected micro-impurities of formaldehyde, and the chip-and-glue composite can be used in construction without restrictions.

**Ключевые слова:** древесина, отходы, утилизация, композиты, прочность, выделение формальдегида

**Keywords:** wood, waste, recycling, composites, strength, formaldehyde release.

Доля деревянного домостроения составляет около 20% от общего объема ажилия вводимого в эксплуатацию. Потребность в недорогом жилье с комфортными условиями проживания обеспечивает высокие темпы роста объемов деревянного домостроения. Применение материалов из древесины в жилищном строительстве и оптимизация системы «человек-материал-среда обитания» способствует созданию благоприятных условий проживания [1,2]. Для обеспечения конкурентоспособности наряду с требованиями по экологической безопасности древесные материалы, используемые в деревянном домостроении должны иметь низкую стоимость.

Как известно, самым экологически безопасным и возобновляемым сырьевым материалом для строительства является древесина. Древесина мягких лиственных пород обладает более низкими эксплуатационными показателями, чем хвойная древесина, и, поэтому менее востребована. Активная заготовка и переработка древесины хвойных пород привела к дефициту этого вида древесины в центральных областях Европейской части страны. Однако большие запасы, высокие темпы роста, низкая стоимость сырья (по сравнению с хвойными породами) обеспечивают перспективность применения мягколиственной древесины.

Существуют определенные трудности с утилизацией отходов механической обработки достигающих около 40% от объемов перерабатываемого сырья. Утилизация техногенных отходов на полигонах захламляет территории и наносит экономический ущерб. Оценка значения предотвращенного экологического ущерба в результате недопущения захламления земель несанкционированными свалками, ликвидации существующих несанкционированных свалок либо в результате уменьшения площадей объектов для размещения отходов производится по формуле [3,4]:

$$Y = \sum S_j \cdot K_{nj}, \quad (1)$$

где  $S_j$  – площадь земель, которую удалось предотвратить от захламления (ликвидировать обнаруженное захламление либо уменьшить площади объектов для размещения отходов) в течение отчетного периода времени, га;

$K_{nj}$  – коэффициент природно-хозяйственной значимости почв и земель  $j$ -того типа.

Переработка отходов в тепловую энергию для отопления зданий и сооружений эффективна только в осенне-зимний период года, поэтому из отходов переработки древесины МЛП наиболее целесообразно изготавливать композиты т.к. потребность в недорогих строительных материалах постоянно возрастает.

Однако возникают трудности при производстве древесно-цементных композитов из мягколиственной древесины. Из-за наличия растворимых в воде сахаридов значительно ухудшается процесс гидратации цемента в композите. Щелочная среда цементного теста способствует выделению из древесины этих веществ, так называемых «цементных ядов». Для уменьшения их отрицательного влияния на прочность древесно-цементных композиций широко применяются технологические приемы, основанные: на частичном удалении этих веществ из древесного заполнителя; переводе сахаридов в нерастворимые или безвредные для цемента соединения. Эти технологические процессы «минерализации» древесного заполнителя достаточно сложны и требуют многоступенчатой обработки заполнителя различными химикатами или длительной экспозиции.

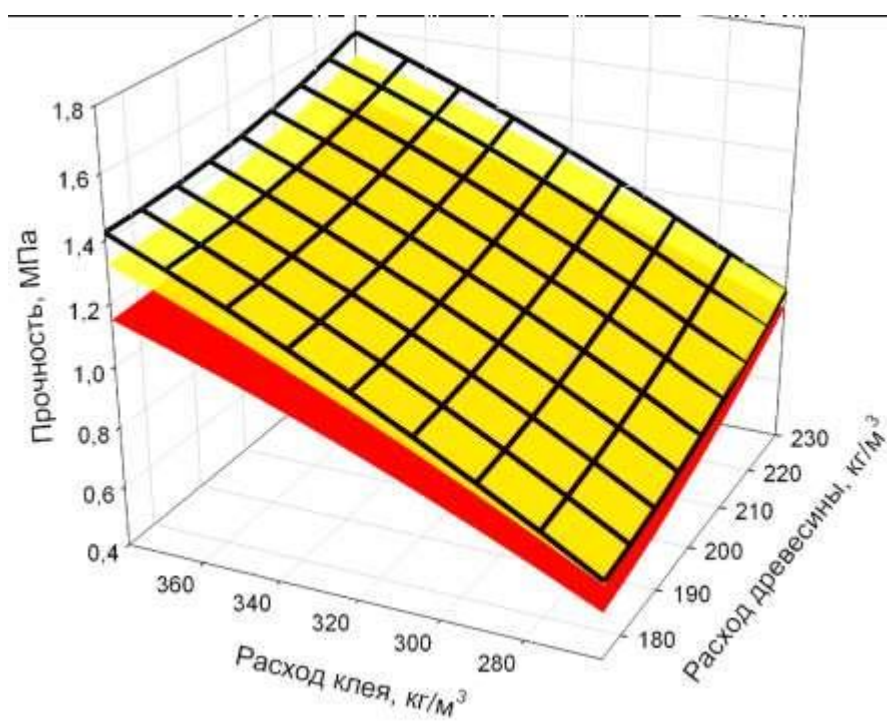
Для уменьшения отрицательного влияния моносахаридов на прочность древесных композиций предлагается применять быстротвердеющие вяжущие как минерального, так и органического происхождения, чтобы длительность воздействия сахаридов на вяжущие была минимальной. В проведенном исследовании обоснован состав смесей для получения следующих строительных материалов: гипсостружечных плит при соотношении компонентов по массе гипс: древесина: вода (10:3:9); цементно-гипсового арболита при соотношении компонентов гипс: цемент: древесина: вода (8:12:7:15).

Разработаны условия получения композита с применением быстротвердеющего вяжущего – водостойкого карбамидоформальдегидного клея холодного отверждения [5,6]. Проведено исследование влияния расхода дробленки древесины березы, карбамидоформальдегидного клея и продолжительности выдержки после формования на прочность клееного арболита по плану второго порядка В-3. Постоянные факторы: порода – береза; влажность древесины 8%; клей на основе смолы КФ120-65. Переменные факторы варьировались в следующих пределах: расход древесины для изготовления 1 м<sup>3</sup> арболита ( $X_1$ ) от 175 до 233 кг/м<sup>3</sup>; расход клея для изготовления 1 м<sup>3</sup> арболита ( $X_2$ ) от 262 до 380 кг/м<sup>3</sup>; продолжительность выдержки после формования ( $X_3$ ) от 3 до 9 суток. В результате

эксперимента получено уравнение регрессии, которое адекватно описывает процесс при 5% уровне значимости в кодированном виде:

$$Y = 1,1 + 0,12X_1 + 0,32X_2 + 0,084 X_3 + 0,04X_1^2 - 0,035X_2^2 - 0,038X_3^2. \quad (2)$$

Влияние переменных факторов на прочность композита проиллюстрировано на рисунке 1. С увеличением расхода клея и древесины прочность клееного арболита возрастает. После выдержки клееного арболита в течение 6 суток, его прочность увеличивается незначительно. Т.о., обоснованы условия получения композита путем решения оптимизационной задачи при ограничении прочности 1 МПа: расход древесины – 190...195 кг/м<sup>3</sup>, расход клея – 262...270 кг/м<sup>3</sup>; продолжительность выдержки после формования – 6 суток.



**Рисунок 1.** Зависимость прочности при сжатии композита от расхода клея, древесины и продолжительности выдержки после формования:

■ - 3 суток; ■ - 6 суток; □ - 9 суток

Известно, что снизить выделение свободного формальдегида из композиционных материалов возможно путем использования природных клеев, полимерных тонкодисперсных порошков, поглощающих формальдегид в процессе склеивания [7-10].

Другим способом уменьшения выделений свободного формальдегида является частичная замена синтетических клеев нетоксичными веществами, обладающими хорошей адгезией к древесине, например, добавлять экстракт из коры дуба в карбамидоформальдегидные клеи для снижения их токсичности без уменьшения прочности склеивания [11].

Для обоснования возможности использования в жилищном строительстве композита, изготовленного с использованием карбамидоформальдегидного клея, проведено исследования содержания токсичных веществ хромато-масс-спектрометрическим методом с

использованием газового хроматографа модели «6850 Network GC System» фирмы «Agilent Technologies» (США). После выдержки композита в течение 12 дней в составе паровоздушной смеси отсутствуют микропримеси формальдегида.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Техногенные отходы древесины хранить на полигонах нецелесообразно из-за захламления территории, а использование их для выработки тепловой энергии для отопления ограничивается осенне-зимним периодом.

2. Учитывая высокие теплотехнические характеристики древесины, мелкие древесные отходы механической обработки предлагается использовать для производства теплоизоляционных строительных материалов. Для исключения негативного влияния экстрагируемых веществ из древесины на процесс твердения, предлагается использовать в качестве вяжущего карбамидоформальдегидный клей.

3. Установлены параметры режима изготовления стружечно-клеевого композита: расход отходов механической обработки древесины – 190...195 кг/м<sup>3</sup>, расход карбамидоформальдегидного клея – 262...270 кг/м<sup>3</sup>; продолжительность выдержки после формования – 6 суток.

4. Хроматограмма показала, что в паровоздушной смеси после выдержки стружечно-клеевого композита в течение 12 суток отсутствуют ранее обнаруженные микропримеси формальдегида, а стружечно-клеевой композит можно использовать в строительстве без ограничений.

#### Список литературы

1. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография / В.С. Лесовик. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 196 с.
2. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья: автореф. Дис. Докт. Техн. Наук. Белгород, 2005. – 42 с.
3. Методика определения предотвращенного экологического ущерба / Гос. Комитет Рос. Федерации по охране окруж. Среды. – М., 1999. 71 с.
4. Лукутцова Н.П., Кожухар В.М. Эколого-экономическая оценка сырьевой базы промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 8. С. 70-75.
5. Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. Повышение экологической безопасности композиционных строительных материалов из древесины // Вестник Белгород. Госуд. Технол. Ун-та им. В.Г. Шухова, 2016. №8. С. 37-41.
6. Пат. 2642757 Российская Федерация, МПК С04В26/00, С04В18/26. Теплоизоляционный клеевой арболит / А.А. Лукаш; заявитель и патентообладатель ФГБОУВО «Брянский государственный инженерно – технологический университет». - № 2016131324; заявл. 28.7.2016; опубл. 25.1.2018, Бюл. № 310.
7. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2005. № 3 (74). С. 26-27.
8. Варанкина Г.С., Ермолаев Б.В., Гусаков Д.С. Формирование низкотоксичных композиционных материалов с использованием «пектола» // Современные проблемы переработки древесины. Междунар. Науч.-практ. Конф. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С. 33-37.
9. Залипаев А.А. Технология низкотемпературного склеивания хвойного шпона: автореф. Дис. Канд. Техн. Наук. СПб., 2004. 20 с.
10. Лавлинская О.В. Разработка клеевых композиций для производства фанеры пониженной токсичности: автореф. Дис. Канд. Техн. Наук. Воронеж, 2004. – 16 с.

11. Трошин Д.П. Новые связующие для производства фанеры с низким классом эмиссии формальдегида // Использование смол и клеев. Междунар. Конф. Санкт-Петербург, 8-11 апр.: 2008 г. – СПб., 2008.- С. 78.

#### References

1. Geonika (ofgeodaetica). Examples of implementation in construction materials science: monograph / V. S. Lesovik. Belgorod: Publishing house of BSTU, 2014. – 196 с.
2. Lukutsova N.P. Obtaining environmentally friendly building materials from natural and man-made raw materials: author. Dis. Doct. Tech. sciences. Belgorod, 2005. -42 p.
3. Methodology for determining the prevented environmental damage / State Committee of ROS. Federation for the protection of nature. Environments. – M., 1999.- 71 p.
4. Lukutsova N.P., Kozhukhar V.M. Ecological and economic assessment of the raw material base of the building materials industry // News of higher educational institutions. Building. 2004. No. 8. S. 70-75.
5. Lukash, A. A., Lukutsova N. P. Increase of ecological safety of composite building materials from wood // Vestnik Belgorod. Govt. technol. UN-TA im. V. G. Shukhova, 2016. No. 8. Pp. 37-41.
6. Pat. 2642757 Russian Federation, IPC C04B26/00, C04B18/26. Heat-insulating glue arbolit / A. A. Lukash; applicant and patentee of the Bryansk state University of engineering and technology. – No. 2016131324; declared. 28.7.2016; publ. 25.1.2018, Byul. No. 310.
7. Lukutsova N.P. Obtaining environmentally friendly building materials from natural and technogenic raw materials // Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2005. No. 3 (74). P. 26-27.
8. Varankina G. S., Ermolaev B. V., Gusakov D. S. Formation of low-toxic composite materials using “pectol” // Modern problems of wood processing. International scientific and practical conference St. Petersburg.: Spbgltu, 2014.Pp. 33-37.
9. Zalipaev A.A. Technology of low-temperature gluing of coniferous veneer: abstract of thesis. Dis. Cand. Tech. sciences. SPb. 2004.20 p.
10. Lublinskaya O. V. Development of adhesive compositions for the production of plywood reduced toxicity: abstract. Dis. Cand. Tech. sciences. Voronezh. 2004. – 16 p.
11. Troshin D. P. New binders for plywood production with low formaldehyde emission class // Use of resins and adhesives. Materials International. Conf. / D. p. Troshin St. Petersburg, 8-11 APR: 2008 – St. Petersburg: 2008.- P. 78.