

DOI: 10.58168/TBiEc2025_414-418

УДК 674

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ АПК**
COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON AGRO-INDUSTRIAL WASTE

Фахрутдинов Р.Р., к.т.н., ассистент Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия. **Fakhrutdinov R.R.**, Ph.D., assistant Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

Захарова Е.А., магистрант Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия. **Zakharova E.A.**, graduate student Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

Сафин Р.Г., д.т.н., профессор Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия. **Safin R.G.**, doctor of Engineering, Professor Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

Аннотация: в статье рассматривается процесс разработки композиционного материала из агропромышленных отходов, изучаются их физико-механические характеристики в зависимости от концентрации и типа растительного наполнителя. Определена оптимальная концентрация для изготовления композиционных материалов на основе растительного наполнителя. Наилучшие результаты показывают композиционные плиты на основе лузги подсолнечника и шелухи гречихи. Композиционный материал на основе соломы демонстрирует минимальные показатели по всем физико-механическим характеристикам, что требует либо их модификации, либо использования других видов связующего для возможности применения в качестве внешнего слоя.

Abstract: the article considers the process of developing a composite material from agro-industrial waste, studies their physical and mechanical characteristics depending on the concentration and type of plant filler. The optimal concentration for the production of composite materials based on plant filler is determined. The best results are shown by composite boards based on sunflower husk and buckwheat husk. Composite material based on straw demonstrates minimal indicators for all physical and mechanical characteristics, which requires either their modification or the use of other types of binder for the possibility of using as an outer layer.

Ключевые слова: агропромышленные отходы, растительный наполнитель, трехслойный композиционный материал, лузга подсолнечника, шелуха гречихи, солома.

Keywords: key words: agro-industrial waste, plant filler, three-layer composite material, sunflower husk, buckwheat husk, straw.

На сегодняшний день в современном мире в области сельского хозяйства стоит проблема, растущего количества отходов. Нерациональное использование и управление агропромышленными отходами приводит к экологическим проблемам, так как их утилизация наносит непоправимый вред окружающей среде. Поэтому стремление к минимизации потерь и создание безотходных технологий в агропромышленной деятельности всегда было актуальным направлением. Одним из путей улучшения экологической ситуации является переработка растительных отходов, не имеющих пищевого и кормового значения, а именно внедрение новых технологий и использование агропромышленных отходов в качестве наполнителя для композиционных материалов. С данной точки зрения перспективным и экономически выгодным сырьем для получения конструкционного материала является лузга подсолнечника, шелуха гречихи и солома.

В процессе переработки растительного сырья, используемого в данной работе, образуется значительное количество отходов на определенном производстве, которое зачастую не находит рационального применения и подлежат утилизации. В частности, объемы отходов лузги подсолнечника превышают 400 тыс. тонн, шелухи – 62,7 тыс. тонн, а соломы – варьируются от 70 до 100 тыс. тонн [1 – 3].

В данной работе в качестве наполнителя были использованы лузга подсолнечника, шелуха гречихи и солома, а в качестве связующего компонента – лигнин.

Изготовление композиционного материала из лузги подсолнечника, шелухи гречихи и соломы осуществляется в несколько этапов: высушивание в сушильном шкафу при температуре 110 °С в течении 35 мин до остаточного влагосодержания 10 %; измельчение до порошкообразного состояния с помощью роторно-ножевого измельчителя; перемешивание наполнителя со связующим в течении 15 минут.

Затем смесь подвергалась горячему прессованию в специальной пресс-форме, выложенной термостойкой пленкой. Процесс проводился при температуре 175 °С и давлении 0,84 МПа в течение 10 минут. После прессования материал охлаждался до комнатной температуры (21 ± °С) в течение 2 часов. В результате были получены композитные материалы в виде плит диаметром 320 мм и толщиной 11 мм.

Для определения физико-механических свойств композиционного материала применялись общепринятые методы исследования: определение прочности на растяжение, согласно ГОСТ Р 56785 – 2015; определение прочности на изгиб, согласно ГОСТ Р 56805 – 2015; определение прочности на сжатие, согласно ГОСТ Р 57864 – 2017 [4 – 6]

Рисунок 1 показывает, как концентрация растительных отходов, используемых в качестве наполнителя, влияет на прочность композиционного материала при растяжении.

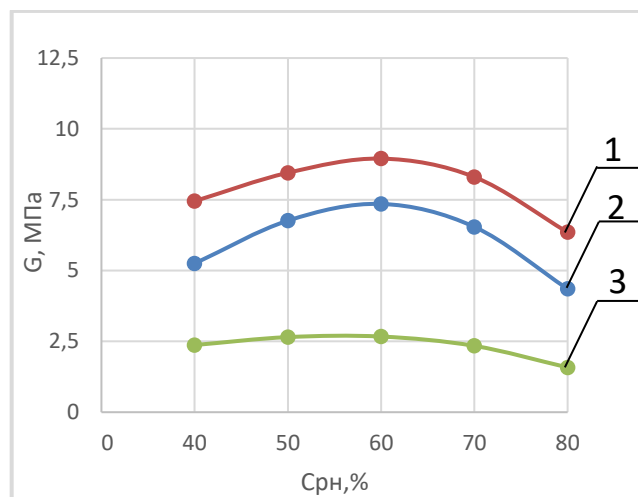


Рисунок 1 – Влияние концентрации растительного наполнителя на предел прочности при растяжении: 1 – лузга подсолнечника; 2 – шелуха гречихи; 3 – солома

Результаты испытаний на растяжение показали существенную разницу в механических характеристиках исследуемых материалов. Образцы с лузгой подсолнечника превосходят композиты с шелухой гречихи по прочностным показателям на 33,3 %, что объясняется более плотной структурой подсолнечной лузги. Также по зависимости видно, что композит на основе соломы на 50 % ниже по прочностным характеристикам по сравнению с образцами шелухи, что существенно ограничивает возможности их применения в несущих конструкциях без дополнительной модификации состава.

Результаты исследований прочности на сжатие поверхностного слоя представлены на рисунке 2.

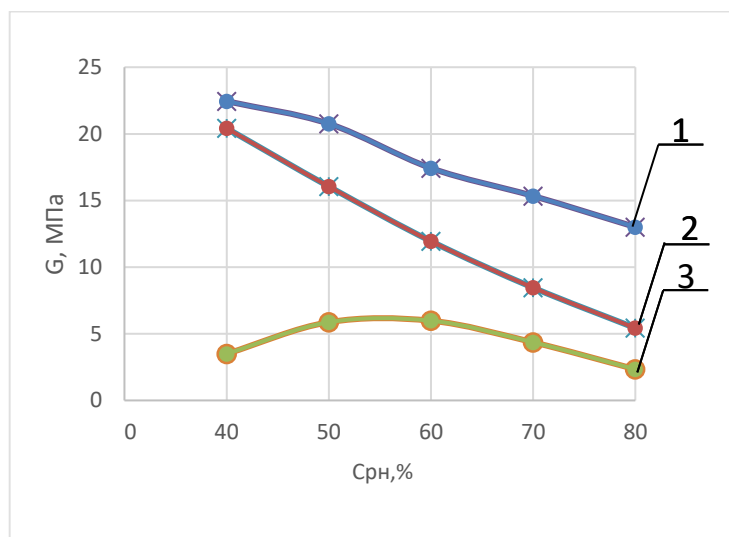


Рисунок 2 – Влияние концентрации растительных отходов на предел прочности при сжатии: 1 – лузга подсолнечника; 2 – шелуха гречихи; 3 – солома

На основании проведенных испытаний установлено, что максимальные значения прочности композиционных материалов достигаются при концентрации наполнителя не менее 60 %. Показатели прочности образца с соломой существенно уступают показателям образца с шелухой гречихи.

На рисунке 3 показаны экспериментальные данные, отражающие влияние концентрации агропромышленных отходов на предел прочности при изгибе.

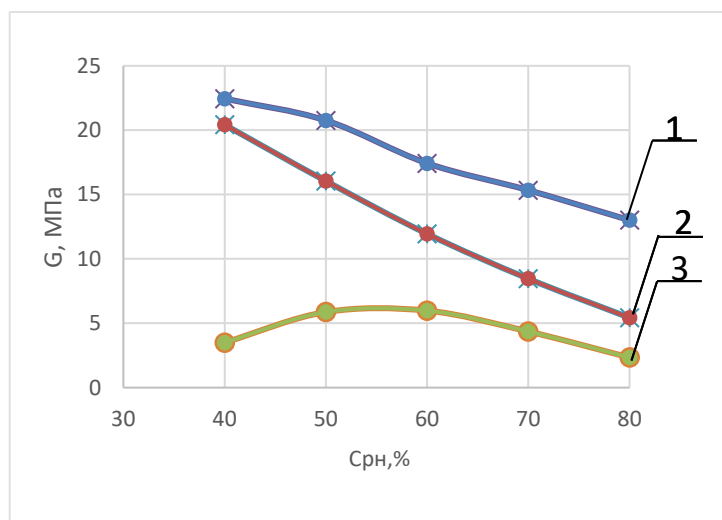


Рисунок 3 – Влияние концентрации растительных наполнителей на предел прочности при изгибе: 1 – лузга подсолнечника; 2 – шелуха гречихи; 3 – солома

Анализ данных, представленных на рисунке 3, выявил обратную зависимость между содержанием наполнителя и прочностными характеристиками для всех образцов. Наибольшую устойчивость к нагрузкам на изгиб продемонстрировал образец на основе лузги подсолнечника. Наилучшие показатели прочности композитного материала достигаются при концентрации растительных отходов в диапазоне 40 – 50 %.

Проведенные исследования показали, что образцы на основе лузги подсолнечника и шелухи гречихи обладают высокими физико-механическими показателями и могут эффективно внедряться в строительную отрасль, как экономически выгодный продукт. Образец на основе соломы продемонстрировал наименьшие показатели, что свидетельствует о оптимизации технологии и применении другого связующего для соответствия необходимым требованиям.

Список литературы

1. Полисахариды из отходов производства гречихи / Л. А. Земнухова, С. В. Томшич, Е. Д. Шкорина, А. Г. Клыков // Журнал прикладной химии. – 2004. – Т 77. – № 7. – С. 1192.

2. Биоразлагаемые композиционные материалы на основе поликапролактона с наполнением соломой зерновых культур // Е. Н. Подденежный [и др.] Вестн. Гомел, гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2024. – № 2 (97). – С. 27 – 33.
3. Справочник по органическим удобрениям // Васильев В.А.; Филиппова И.В. – М.: Россельхозиздат. – 1988. – С. 256.
4. ГОСТ Р 56785–2015. Композиты полимерные. Метод испытания на растяжение плоских образцов.
5. ГОСТ Р 5680–2015. Композиты полимерные. Методы определения механических характеристик при изгибе.
6. ГОСТ Р 57864 – 2017. Композиты полимерные. Метод определения предела прочности и модуля упругости при растяжении в направлении толщины образца.

References

1. Polysaccharides from buckwheat production waste // L. A. Zemnukhova, S. V. Tomshich, E. D. Shkorina, A. G. Klykov // Журнал прикладной химии. – 2004. - Т. 77. - No. 7. - P. 1192.
2. Biodegradable composite materials based on polycaprolactone filled with cereal straw // E. N. Poddenezhny [et al.] Vestn. Gomel, state. tech. University named after P. O. Sukhoi. - 2024. - No. 2 (97). - P. 27 - 33.
3. Handbook of organic fertilizers // Vasiliev V. A.; Filippova I. V. - M .: Rosselkhozizdat. – 1988. – P. 256.
4. GOST R 56785–2015. Polymer composites. Tensile testing method for flat specimens.
5. GOST R 5680–2015. Polymer composites. Methods for determining mechanical properties under bending.
6. GOST R 57864 – 2017. Polymer composites. Method for determining the ultimate strength and elastic modulus under tension in the direction of specimen thickness.