

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ БРУСЧАТКИ  
НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ****TECHNOLOGY OF PRODUCING COMPOSITE PAVERS OF CONTINUOUS ACTION**

**Саттарова З.Г.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия.

**Sattarova Z.G.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FGBOU VO «Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia.

**Сафин Р.Г.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия.

**Safin R.G.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, FGBOU VO «Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia.

**Просвирников Д.Б.**, доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия.

**Prosvirnikov D.B.**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, FGBOU VO «Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia.

**Аннотация.** Рациональное природопользование, и вовлечение в производство образующихся в лесозаготовительной и деревоперерабатывающей отрасли древесных отходов с целью производства из них новых, полезных для общества и экономики изделий, является актуальной задачей современного производства.

Использование древесной муки различных фракций не позволяет наиболее полно связать полимер с древесными частицами, поскольку полимер целлюлозы обладает высокой полярностью. Эта задача может быть решена мягкой контактной термомодификацией, в результате чего наблюдается повышение прочностных показателей и уменьшение степени водопоглощения. При термомодификации происходит уменьшение гидроксильных групп целлюлозы, что способствует увеличению связываемости с полимером, более глубокому его проникновению в поры модифицированных измельченных древесных частиц.

В работе представлена технология, позволяющая получать композиционную брусчатку из термомодифицированной муки, термопластичных полимеров с химическими добавками и модификаторами, непрерывного действия.

**Summary.** Rational use of natural resources, and the involvement of wood waste generated in the logging and wood processing industry in the production of new products useful for society and the economy, is an urgent task of modern production. The use of wood flour of various fractions does not allow the most complete binding of the polymer to wood particles, since the cellulose polymer has a high polarity. This problem can be solved by soft contact thermal modification, as a result of which there is an increase in strength indicators and a decrease in the

degree of water absorption. Thermomodification leads to a decrease in the hydroxyl groups of cellulose, which contributes to an increase in the binding with the polymer, its deeper penetration into the pores of the modified crushed wood particles. The paper presents a technology that allows to obtain composite paving stones from thermally modified flour, thermoplastic polymers with chemical additives and modifiers, continuous action.

**Ключевые слова:** древесные частицы, термомодификация, полимеры, древесные полимерные композиционные материалы, композитная брусчатка.

**Keywords:** wood particles, thermomodification, polymers, wood polymer composites, composite paving stones.

Проблема создания энерго-ресурсосберегающих технологий и нерационального использования отходов лесозаготовительных, деревообрабатывающих производств обуславливает целесообразность использования древесного наполнителя в производстве новых, уникальных по своим качествам, композиционных материалов [1, 2].

Отдельную нишу занимают древесные полимерные композиционные материалы (ДПК), где измельченный древесный наполнитель смешивается с термопластичным полимером и получается композиционный материал, обладающий достоинствами как полимера, так и древесины [3, 4].

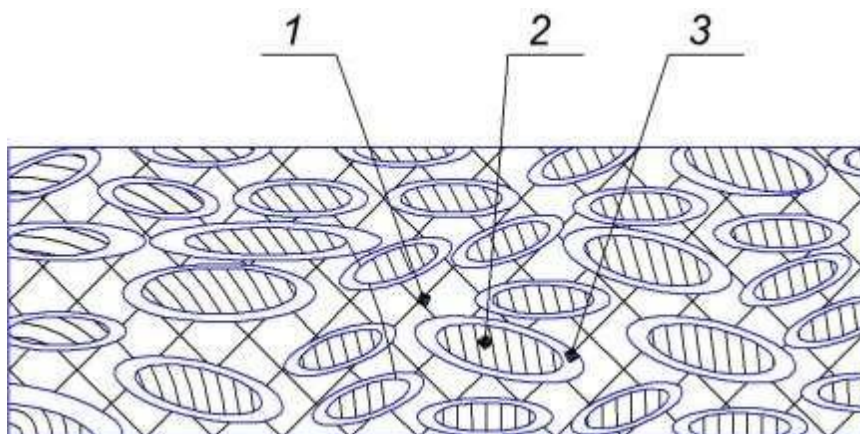
Для представления всех проходящих межфазных взаимодействий при процессе формировании композитной брусчатки на основе вторичных ресурсов, состоящей из древесного наполнителя, полимерного связующего и специальных добавок разработана физическая картина процесса формирования материала.

Разработанный материал является многокомпонентным – композиционным. Входящие в состав древесно-полимерного композиционного материала древесные частицы выступают в качестве армирующего агента. В данной древесно-полимерной системе наблюдается возникновение адгезионных связей на границе между древесным наполнителем и связующим веществом – полимером. Уникальное отличие композиционных материалов заключается в том, что качественные свойства, в частности физико-механические показатели полученного материала достигаются посредством оптимизации межфазных взаимодействий всех компонентов смеси, и отличаются в свою очередь от показателей каждого компонента, взятого по отдельности, входящего в состав материала, что в свою очередь придает материалу новые качественные свойства.

Данная проблема решается путем стабилизации объема древесного наполнителя в композиционной системе, которая в свою очередь положительно влияет на процесс структурообразования конечного продукта. Рассмотрим идеальную модель, в которой расположение древесных частиц в связующем агенте равномерное, ориентированное по всей длине материала с равным расстоянием между частицами. На рисунке 1 наглядно представлено равномерное распределение древесных частиц в полимерной матрице, это достигается за счет качественного смешения всех компонентов смеси. При таких условиях обеспечивается монолитность получаемого продукта, что является основным фактором, влияющим на качественные показатели конечного продукта. Расположение древесных частиц в системе является также важным фактором, поскольку при разрыве частицы поперек

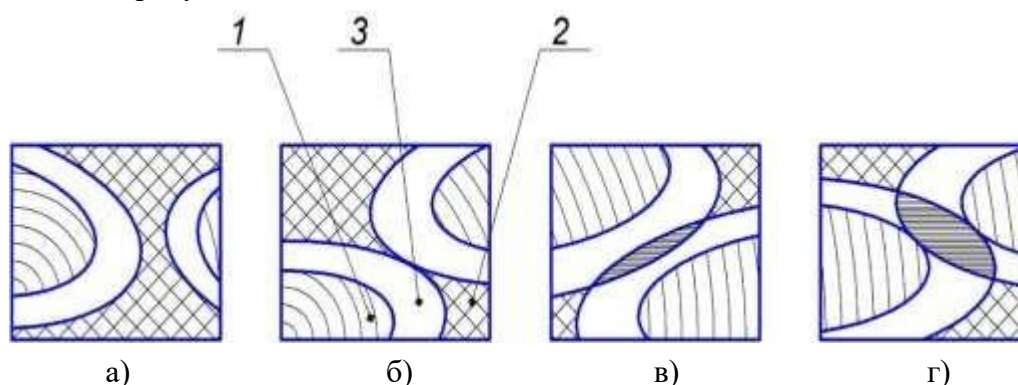
волокон предел прочности значительно выше, чем при разрыве частиц, расположенных в радиальном направлении.

Необходимо уделять особое внимание физико-химическим процессам, происходящим при производстве древесно-полимерного композиционного материала по причине наличия разнородных тел, имеющих разный химический состав [5]. Они, как следствие, являются основополагающими факторами при формировании межфазных связей, которые непосредственно влияют на конечные эксплуатационные показатели материала.



**Рисунок 1.** Схема модели древесно-полимерного композиционного материала:  
1 – древесные частицы; 2 – полимерное связующее; 3 – граничный слой

При взаимодействии древесных частиц с полимерным связующим создается неоднородная система, в которой образуется граничный слой между двумя разнородными компонентами, что приводит к возникновению новых свойств у материала, не характерных для исходных компонентов. Исходя из вышесказанного важным условием является прогнозирование коэффициента отношения толщины граничного слоя к слою связующего вещества. Схема структурного расположения компонентов в древесно-полимерной системе представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Схема структурного расположения компонентов в древесно-полимерной системе: 1 – древесный наполнитель; 2 – граничный слой; 3 – связующий агент

Структурное расположение компонентов в древесно-полимерной системе можно охарактеризовать следующим образом:

- граничные слои не контактируют, древесные частицы удалены друг от друга слоем связующего, большая часть полимерного слоя не подвергается воздействию частиц, поэтому имеет исходное состояние (рис. 1).

- граничные слои контактируют по поверхности тел, при таких условиях слои будут находиться в несвязанном состоянии и не будут испытывать воздействия древесных частиц (рис. 2 б);
- граничные слои частично перекрываются друг другом, при таких условиях воздействие древесного наполнителя оказывает не на весь объем связующего, а только на определенную часть (рис. 2 в);
- граничные слои перекрывают весь объем связующего вещества, при таких условиях происходят максимальные структурные изменения, поскольку весь объем связующего находится под воздействием древесного наполнителя (рис. 2 г).

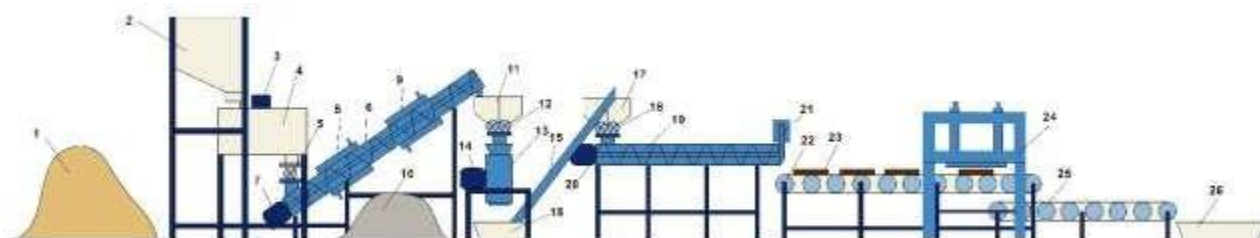
Описанная физическая картина исследуемого древесно-полимерного композиционного материала подтверждает сложность структурного строения композиции [6]. Анализ показал зависимость основных качественных показателей от соотношения, ориентации, качественного смешения всех компонентов смеси, участвующих при формировании нового материала.

Основными компонентами при изготовлении образцов композитной брусчатки являются:

1. Термомодифицированная древесная мука (размер частиц модифицированной древесной муки: 0,1 – 2 мм).
2. Вторичный полипропилен и полиэтилен (размер частиц полимера: 2 – 5 мм). Полипропилен марки 1500J, полиэтилен марки 4223 Т.
3. Химические добавки и модификаторы.

После стадии термомодификации сырье измельчается до состояния муки, смешивается с полимером в следующих пропорциях: масс. %: модифицированное целлюлозосодержащее сырье 70-80, полимер 14-24, химические добавки и модификаторы 4-6.

Технология непрерывного получения композитной брусчатки разработана на основе патентных и аналитических исследований различных существующих установок для изготовления композитной брусчатки. На рисунке 3 представлена принципиальная схема лабораторной установки для получения композитной брусчатки на основе термомодифицированных вторичных ресурсов.



**Рисунок 3.** Технологическая схема лабораторной установки непрерывного получения композитной брусчатки

Принцип работы заключается в следующем: древесные отходы в виде технологической щепы 1 поступают в узел смешивания механической переработки, состоящий из бункера хранения щепы 2 и смесителя 4, работающего от электропривода 3. В смеситель добавляются химические добавки и модификаторы, перемешиваются со

щепой и поступают через шлюзовой затвор 5 в узел механической переработки и модификации вторичного сырья, состоящий из камеры термомодификации 6 и дробилки 13. Камера работает от привода 7, вращающего шнек. Наружный обогрев камеры термомодификации осуществляется через рубашки 8 и 9, по которым подается теплоноситель. Древесное сырье подвергается мягкой контактной термомодификации, в результате чего наблюдается повышение прочностных показателей и уменьшение степени водопоглощения древесных частиц. При термомодификации происходит уменьшение гидроксильных групп целлюлозы, что способствует увеличению последующей связываемости с полимером, более глубокому его проникновению в поры модифицированных измельченных древесных частиц. Модифицированное древесное сырье, далее через затвор 12 попадает в дробилку 13, работающую от привода 14, где подвергается измельчению до состояния муки. Из бункера 16 термомодифицированная мука по транспортеру 15 попадает в бункер 17, в который также добавляется полимер 10 и через затвор 18 смесь компонентов поступает в экструдер 19, который оснащен зоной предварительной пластификации, где происходит плавление полимера. Далее данный расплав поступает в основной рабочий цилиндр экструдера. Специальные добавки поступают также в основной цилиндр экструдера через дозатор 18. Далее масса выдавливается через фильеру, отсекается специальной гильотиной 21 и поступает в узел формования, состоящий из конвейера 22 и прессы 24. Конвейерная линия оснащена специальными формами 23, в которые поступает полученная после экструзии масса. Данные формы предназначены для последующего формования композитной брусчаткой посредством прессы 24. После прессования сформованная брусчатка идет на транспортёр готовой продукции 25, после чего поступает в бункер для хранения готовой продукции 26.

Данная технология позволяет изготавливать из древесных частиц и термопластичных полимеров композитную брусчатку, с высокими механическими и эргономическими характеристиками.

#### Список литературы

1. Сафин, Р.Г. Композиционные материалы на основе древесных частиц и полимеров / Р.Г. Сафин, З.Г. Саттарова, И.М. Галиев, В.А. Салдаев// Вестник Казанского технологического университета. -2015. - № 19. – С. 184-185.
2. Safin, R.G. Technology of wood waste processing / R.G. Safin, Z.G. Sattarova, E.R. Khairullina // Solid State Phenomena. – Volume 265. – 2017. – P. 245-249.
3. Галиев, И.М. Создание многослойного напольного настила на основе термопластичных материалов и древесных отходов/ И.М. Галиев, Т.О. Степанова// В сборнике: . Materials of the XI International scientific and practical conference. – 2015. – С. 32-35.
4. Галиев, И.М. Напольное покрытие на основе древесно-полимерного композита/ И.М. Галиев // Деревообрабатывающая промышленность. – 2015. - № 4. – С. 14-18.
5. Файзуллин, И.З. Влияние термомодификации наполнителя на свойства композитов на основе полипропилена / И.З. Файзуллин, А.С. Филиппов, А.З. Файзуллин // Шестидесят девятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и

аспирантов высших учебных заведений с международным участием, Ярославль, 20 апреля 2016 г. –С. 911-913.

6. Бадретдинов, З.М. Влияние вторичного сырья на физико-механические и эксплуатационные свойства древесно-полимерного композита на основе полипропилена / З.М. Бадретдинов, И.З. Файзуллин, А.З. Файзуллин, А.С.Дойников // В сборнике: Технология органических веществ. Материалы 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием). – 2019. – С. 119-120.

### References

1. Safin, R.G. Composite materials based on wood particles and polymers / R.G. Safin, Z.G. Sattarova, I.M. Galiev, V.A. Saldaev // Bulletin of Kazan Technological University. -2015. – No. 19. – S. 184-185.
2. Safin, R.G. Technology of wood waste processing / R.G. Safin, Z.G. Sattarova, E.R. Khairullina // Solid State Phenomena. – Volume 265 .- 2017 .- P. 245-249.
3. Galiev, I.M. Creation of a multilayer flooring based on thermoplastic materials and wood waste / I.M. Galiev, T.O. Stepanova // In the collection: Materials of the XI International scientific and practical conference. – 2015 .-P. 32-35.
4. Galiev, I.M. Floor covering based on wood-polymer composite / I.M. Galiev // Woodworking industry. – 2015. – No. 4. – P. 14-18.
5. Faizullin, I.Z. Influence of thermomodification of a filler on the properties of composites based on polypropylene / I.Z. Faizullin, A.S. Filippov, A.Z. Fayzullin // Sixty-ninth All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Undergraduates and Postgraduates of Higher Educational Institutions with International Participation, Yaroslavl, April 20, 2016 –P. 911-913.
6. Badretdinov, Z.M. Influence of secondary raw materials on physical, mechanical and operational properties of wood-polymer composite based on polypropylene / Z.M. Badretdinov, I.Z. Faizullin, A.Z. Faizullin, A.S. Doinikov // In the collection: Technology of organic substances. Proceedings of the 83<sup>rd</sup> Scientific and Technical Conference of the teaching staff, researchers and graduate students (with international participation). – 2019 .-P. 119-120.