

УДК 614.849

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2021.72.89.007

РАЗРАБОТКА МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ К ТЕПЛОМУ ПОТОКУ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРОВ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Аносова Е.Б.¹, канд. техн. наук, доцент; Ляшенко С.М.¹, канд. воен. наук, доцент; Фатыхов Р.Р.¹, канд. техн. наук, Тютнева Е.И.²; Сурмило С.В.³, канд. пед. наук

¹*Академия гражданской защиты МЧС России*

²*ООО «Концепт дерево»*

³*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

Аннотация. Деревообрабатывающая отрасль экономики – одна из самых отходообразующих, при этом эти отходы являются вторичными древесными ресурсами, но в тоже время обладают существенным недостатком, они относятся к группе горючести Г4 - легковоспламеняющиеся материалы.

Работа посвящена оценке поведения образцов вновь предложенных отделочных материалов для внутренних работ, при их термическом разложении с целью снижения их пожарной опасности. Непрерывно измерялись параметры: линейно изменяющаяся температура нагрева образца, уменьшение массы образца и экзо- и эндо-термические эффекты сопровождающие нагрев образцов. Испытания проведены с использованием термоанализатора синхронного термоанализа STA 449 F3 Jupiter производства NETZSCH.

В результате испытаний рекомендовано для снижения горючести композиционных образцов на основе целлюлозы увеличить массовую долю инертного составляющего композита (талька). Для повышения общей термической устойчивости рекомендовано использовать натрий тетраборнокислый.

Ключевые слова: утилизация твердых отходов, пожарная опасность, температура воспламенения, самовоспламенения, уменьшения массы, термическая устойчивость.

DEVELOPMENT OF MEASURES TO INCREASE THE RESISTANCE OF COMPOSITE MATERIALS TO HEAT FLOW TO PREVENT FIRES AND ENVIRONMENTAL EMERGENCIES

Anosova E.B., Ph.D. of Engineering Sciences, Docent; Lyashenko S.M., Ph.D. of Military Sciences, Docent; Fatykhov R.R., Ph.D. of Engineering Sciences; Tyutneva E.I.; Surmilo S.V., Ph.D. of Pedagogic Sciences

¹*Civil Defence Academy of Emercom of Russia*

²*LLC "Concept tree"*

³*Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia*

Annotation. The woodworking industry is one of the most waste-forming, while these wastes are secondary wood resources, but at the same time they have a significant disadvantage: they belong to the group of combustibility flammable materials.

The work is devoted to the assessment of the behavior of samples of newly proposed finishing materials for interior work, during their thermal decomposition in order to reduce their fire hazard.

Parameters were continuously measured: linearly varying sample heating temperature, sample mass reduction, and exo- and endo-thermal effects accompanying sample heating. The tests were carried out using a synchronous thermal analysis analyzer STA 449 F3 Jupiter manufactured by NETZSCH.

As a result of the tests, it is recommended to increase the mass fraction of the inert component of the composite (talc) to reduce the flammability of composite samples based on cellulose. To increase the overall thermal stability, it is recommended to use tetraboroxyl sodium.

Key words: solid waste disposal, secondary wood resources, flammability group, flammable materials, interior finishing materials, fire hazard, ignition temperature, auto-ignition temperature, mass reduction, exothermic effect, thermal stability.

Проблема утилизации твердых отходов в Российской Федерации и в мире является актуальной. В соответствии с ФЗ-89 «Об отходах производства и потребления» [1], отходы – вещества и предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению.

Деревообрабатывающая отрасль экономики – одна из самых отходообразующих. При переработке пиломатериалов, в среднем до 50% объема уходит в отходы. Согласно [2], общемировой прирост биомассы в виде отходов составляет 220 млрд тонн.

В то же время, большую часть отходов деревообработки можно рекуперировать или же использовать в качестве исходных материалов для производства полезной продукции. Поэтому имеет смысл говорить не об отходах, а о вторичных древесных ресурсах, возможность использования которых разнообразны: наиболее простым является сжигание в качестве топлива, более сложным – производство товаров народного потребления и композиционных материалов, используемых в строительстве [3;4;5;6].

Наряду с несомненными преимуществами (дешевизна, экологичность, доступность), композиционные материалы из вторичных древесных ресурсов обладают существенным недостатком – способностью воспламеняться и поддерживать горение, что повышает пожарную опасность помещений, в которых они используются. Как правило, их группа горючести соответствует Г4 – легковоспламеняющиеся материалы [7]. Это затрудняет широкое применение данных изделий.

Целью настоящей работы является оценка поведения образцов, изготовленных на основе целлюлозы и предназначенных для отделочных работ внутри бытовых помещений при воздействии на них повышенной температуры. Данные, полученные в результате исследований, будут применяться для разработки рекомендаций по снижению уровня горючести и пожарной опасности композиционных материалов на основе вторичных древесных ресурсов.

С целью оценки способности воспламеняться и гореть было исследовано четыре образца композиционных материалов на основе целлюлозы производства WOOD PANELS. Были проведены испытания с использованием термоанализатора STA 449 F3 Jupiter производства NETZSCH для получения следующих характеристик:

- склонность к уменьшению массы при нагревании;
- температура начала интенсивного уменьшения массы;
- температура достижения уменьшения массы на 50%;
- скорость уменьшения массы образца;
- характер тепловых эффектов, сопровождающих уменьшение массы образцов;
- температура начала экзотермического эффекта, сопровождающего уменьшение массы.

Эти характеристики были получены на основании анализа кривой уменьшения массы (термогравиметрической, ТГ), первой производной термогравиметрической кривой (ДТГ), дифференциально-калориметрической кривой (ДСК) изученных образцов.

Нагрев производился со скоростью 10 К/мин до 700 °С, атмосфера испытания – воздух.

Из вида кривых ТГ всех образцов (рис.1) следует, что во время нагрева все они теряют свыше 50% от начальной массы, что согласно ГОСТ 30244-94 является признаком горючести.

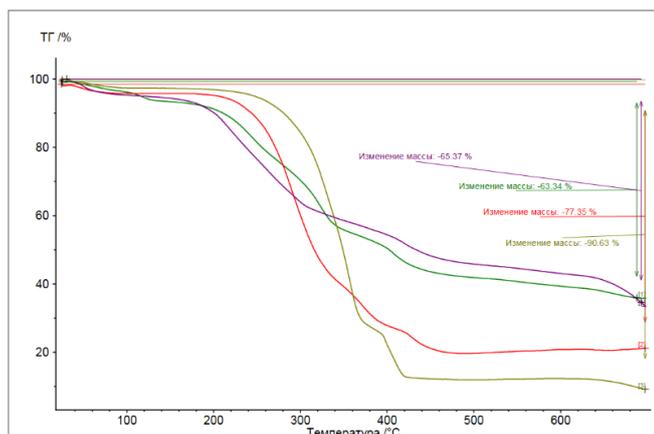


Рис. 1. ТГ-кривые исследованных образцов.

Образец №1 (плита серого цвета) (рис. 2) демонстрирует убыль массы в несколько ступеней, связанных, вероятно, в связи с различной реакцией на термическое воздействие различных компонентов материала (рис. 3).



Рис. 2. Образец I.

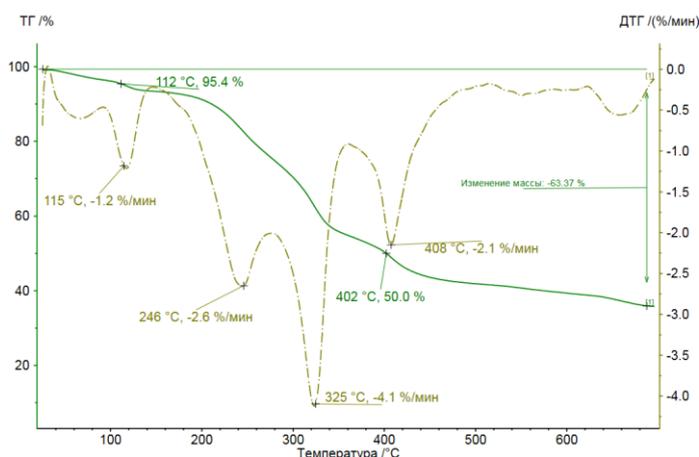


Рис. 3. Кривые ТГ и ДТГ образца I.

Уменьшение массы начинается при температуре 112 °С, скорость уменьшения массы достигает максимального значения при температуре 325 °С (-4,1 %/мин). Температура, при которой массы образца уменьшается на 50% составляет 402 °С. По мнению авторитетного источника [1], температура, при которой происходит уменьшение массы образца на 50% приблизительно соответствует температуре воспламенения. Наличие пика на сложном экзотермическом (с выделением тепла) эффекте на кривой ДСК, соответствующего данной температуре косвенно подтверждает данный факт. Начало экзотермического эффекта, сопровождающего уменьшение массы образца I, приходится на температуру 186 °С (рис.4).

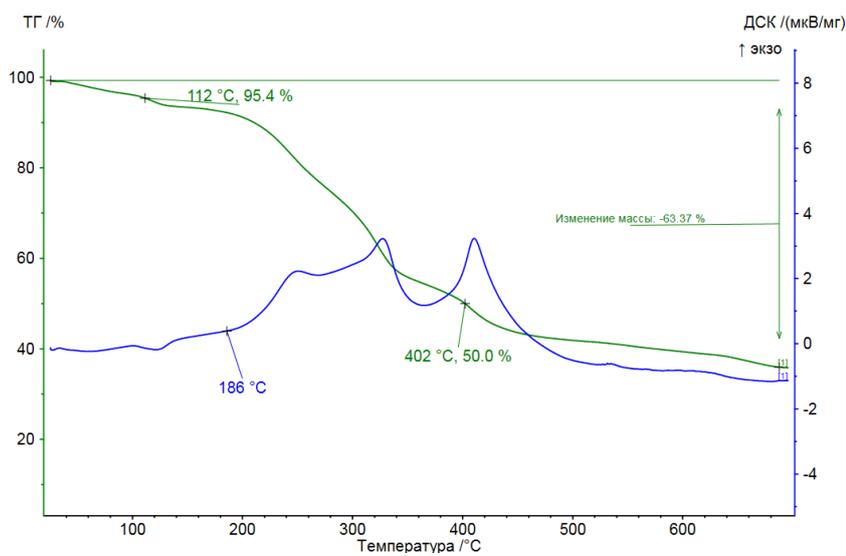


Рис. 4. Кривые ТГ и ДСК образца I.

Уменьшение массы образца II (плитка бежевого цвета) (рис.5) происходит в одну ступень и начинается при 189 °С.



Рис. 5. Образец II.

Температура, соответствующая 50% убыли массы составляет 316 °С и сопровождается высокой скоростью уменьшения массы, максимум которой приходится на 291 °С и составляет 7,5%/мин (рис.6).

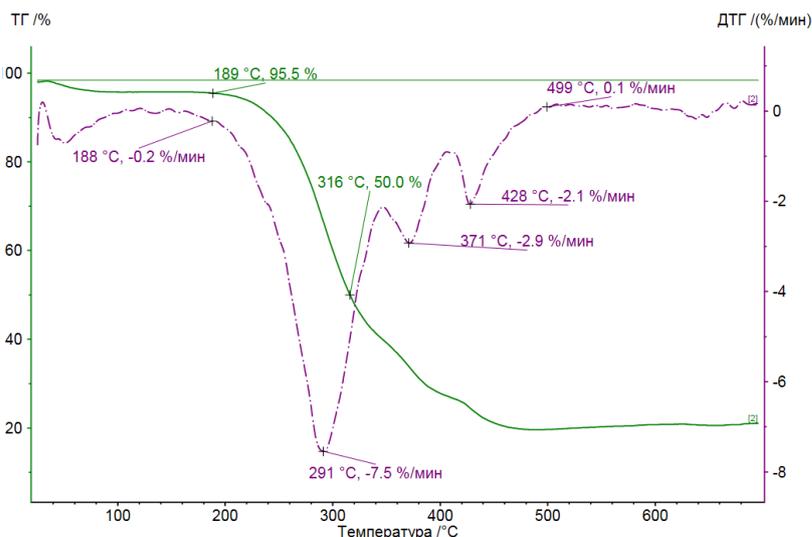


Рис. 6. Кривые ТГ и ДТГ образца II.

Уменьшение массы образца сопровождается сложным экзотермическим эффектом на кривой ДСК, который начинается при 234 °С. Один из пиков экзо- эффекта приходится на температуру, соответствующую 316 °С (рис. 7)

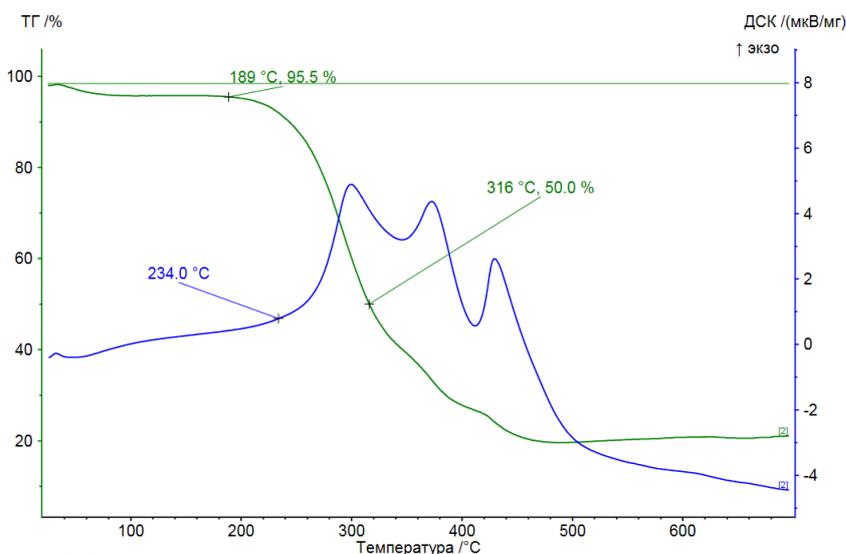


Рис. 7. Кривые ТГ и ДСК образца II.

Конечная убыль массы образца III (рис. 8) имеет максимальное значение из исследованных и составляет 90,63%.



Рис. 8. Образец III.

Уменьшение массы данного образца происходит в две ступени, причем первая из них продолжается до 379 °С и сопровождается уменьшением массы с максимальной скоростью, достигающей 11,7 %/мин при 355 °С (рис. 9).

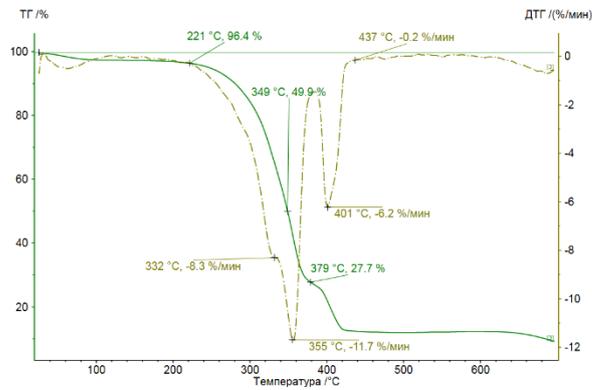


Рис. 9. Кривые ТГ и ДТГ образца III.

Максимальная скорость уменьшения массы, соответствующая второй ступени составляет 6,22 %/мин при температуре 401 °С. Температура, соответствующая уменьшению массы на 50% - 349 °С.

Значительный экзотермический эффект, сопровождающий уменьшение массы, начинается при 344 °С, что близко к температуре уменьшения массы на 50% (рис.10):

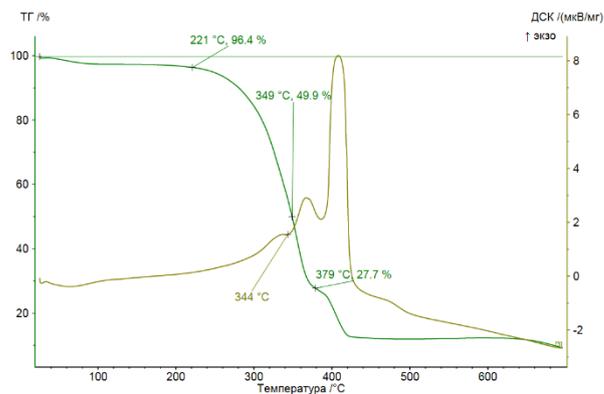


Рис. 10. Кривые ТГ и ДСК образца III.

Уменьшение массы образца IV (рис. 11) происходит в три ступени и начинается при 146 °С (рис. 12). Изменения скорости уменьшения массы приходятся на температуру 218 и 421 °С на кривой ДТГ. Максимальные значения составляют 3,0 %/мин и 1,6%/мин соответственно. Температура уменьшения массы на 50% составляет 434 °С.



Рис. 11. Образец IV.

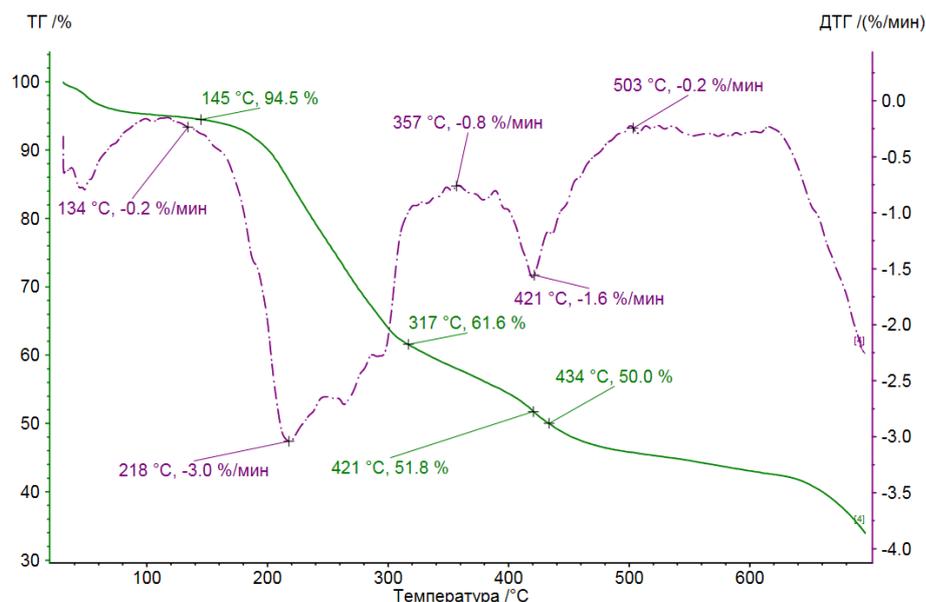


Рис. 12. Кривые ТГ и ДТГ для образца IV.

Уменьшение массы образца IV сопровождается экзотермическим эффектом, начинающемся при 175 °С (рис. 13).

Исходя из полученных данных, можно предположить, что наибольшую склонность к воспламенению при повышенных температурах проявляет образец II, имеющий самую низкую температуру достижения 50%-го уменьшения массы, высокую скорость убыли массы в одну ступень из всех исследованных.

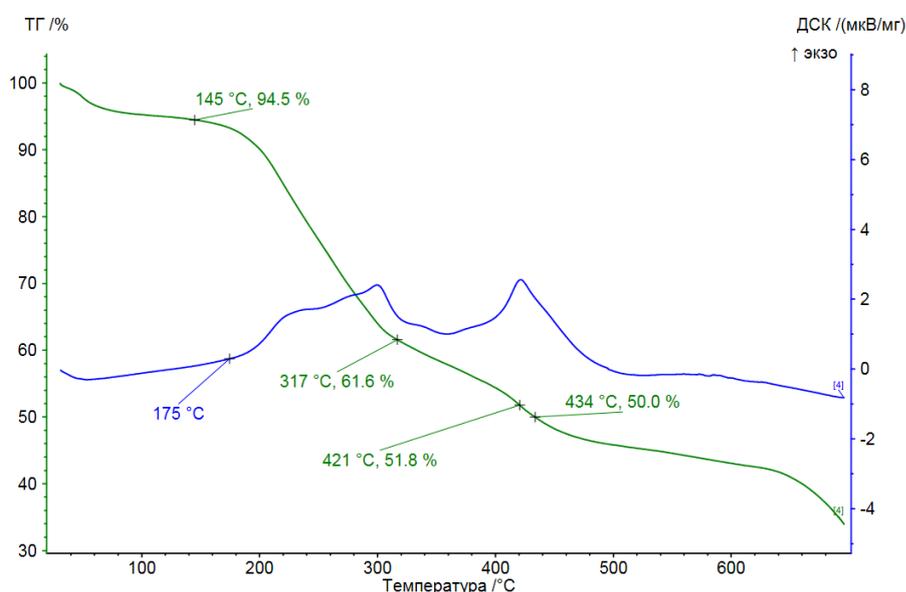


Рис. 13. Кривые ТГ и ДСК для образца IV.

Образец III проявляет высокую скорость уменьшения массы и наибольшую величину экзотермического эффекта, что также повышает его склонность к воспламенению и горению.

Наименьшую опасность с точки зрения воспламенения проявляет образец IV, для которого характерна высокая температура достижения 50%-го уменьшения массы, незначительный экзотермический эффект и самая низкая скорость уменьшения массы из исследованных образцов.

Таким образом, для снижения горючести композиционных образцов на основе целлюлозы, необходимо использовать рецептуру, соответствующую образцу IV. Для уменьшения способности гореть необходимо, в частности, увеличить массовую долю инертного составляющего композита. Для того, чтобы масса композита при этом не увеличивалась, можно использовать тальк. Для повышения общей термической устойчивости рекомендуется использовать натрий тетраборнокислый.

Литература

1. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ.
2. <https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>
3. Binici H. Engineering properties of insulation material made with cotton waste and fly ash / H. Binici, O. Aksogan // Journal of material cycles and waste management. – 2015. – Vol. 17. № 1. – P. 157–162.
4. Palumbo M. Characterization of thermal insulation materials developed with crop wastes and natural binders / M. Palumbo, A. Navarro, J. Avellaneda, A. M. Lacasta // World Barcelona. 2014. – P. 1–10.
5. Zach J. Research and development of thermal-insulating materials based on natural fibres / J. Zach, J. Brozovský, J. Hroudová // Modern building materials, structures and techniques. – 2010. – P. 330–334.
6. Аносова Е.Б., Ляшенко С.М, Сусоева И.В., Вахнина Т.Н. Современные решения по переработке растительных отходов // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты – 2017, № 4, с. 116-1201.
7. ГОСТ 3024-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.