

УДК 676.1.054.1

ПАРАМЕТРЫ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТРУДНОВОСПЛАМЕНЯЕМЫХ ДРЕВЕСНО-ВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

© *А.В. Антонов*^{*1}, *Н.А. Петрушева*², *Ю.Д. Алашкевич*^{1,3}

¹*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, ул. Северная, 1, Железногорск, Красноярский край, 662972 (Россия), e-mail: antonov012@mail.ru*

²*Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, ул. Победы, 29, Лесосибирск, 662543 (Россия), e-mail: info@lfsibgtu.ru*

³*Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира, 82, Красноярск, 660049 (Россия), e-mail: mapt@sibgtu.ru*

Представлены результаты исследований зависимости показателей пожарной опасности древесно-волоконных плит с пониженной пожарной опасностью от технологических и конструктивных параметров процесса размола. Работа направлена на получение древесно-волоконных плит (ДВП) мокрого способа производства с показателями пожарной опасности, сниженными до уровня трудновоспламеняемых согласно ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». Для решения поставленной задачи использованы методы математического планирования с целью получения математического описания процесса размола древесно-волоконной массы при изготовлении ДВП со сниженной пожарной опасностью. Построение математических моделей объекта является важнейшей составной частью научного исследования. Разработанные математические модели объекта являются хорошим инструментом исследования. Представленные уравнения, описывающие исследуемые процессы подготовки древесно-волоконных материалов, на наш взгляд, позволяют прогнозировать получение качественной древесно-волоконной массы в зависимости от установленных режимов процесса размола; при известных значениях конструктивных и технологических параметров размалывающих установок и, варьируя значения массовой доли вспученного вермикулита в древесно-волоконной композиции, понизить параметры и показатели пожарной опасности плит, изготовленных из нее.

Ключевые слова: древесно-волоконная плита, пожарная опасность, потеря массы образца, время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения, математическое описание, вермикулит.

Введение

Статистика свидетельствует, что подавляющее число случаев возникновения пожаров обусловлено малоинтенсивными бытовыми причинами возгорания, а в таких условиях огнезащитные материалы могут локализовать развитие пожара. Это указывает на актуальность проблемы снижения пожарной опасности материалов, в том числе древесных и целлюлозных [1].

Необходимость соблюдения требований пожарной безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов обусловила появление ряда разработок по огнезащите материалов и конструкций

Антонов Александр Викторович – начальник отдела прикладных исследований и инновационных технологий, кандидат технических наук, e-mail: test.ntc@sibpsa.ru

Петрушева Надежда Александровна – доцент кафедры технологии лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, кандидат технических наук, e-mail: info@lfsibgtu.ru

Алашкевич Юрий Давыдович – заведующий кафедрой машин и аппаратов промышленных технологий, доктор технических наук, профессор, e-mail: mapt@sibgtu.kts.ru

путем нанесения на их поверхность огнезащитных средств, базирующихся в большинстве случаев на известных антипиренах с варьируемым соотношением и целевыми добавками [2]. Имеются и технические решения по изготовлению огнезащитных материалов с введением антипиренов в структуру материала в технологическом процессе производства [3].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Вместе с тем разработки огнезащитных древесных материалов с пониженной пожарной опасностью в широких промышленных масштабах остаются нереализованными, что связано, в том числе, с недостаточной эффективностью известных технических решений. Проблема охватывает вопросы взаимодействия антипирена с древесным веществом, с синтетическими смолами, включает технологические аспекты огнезащиты, соответствия материала физико-механическим требованиям и требованиям пожарной безопасности.

Предлагается вводить в структуру древесно-волоконистой плиты (ДВП) с целью снижения ее пожарной опасности вспученный вермикулит, который является неволоконистым компонентом, оказывающим значительное влияние на образование связей в плите, а следовательно, и на физико-механические свойства плиты [4–8]. В связи с этим можно предположить, что древесно-волоконистая масса для производства плит со сниженной пожарной опасностью должна характеризоваться более длинными волокнами, так как определенное количество мелкой фракции, обеспечивающей увеличение показателя общей площади, на которой устанавливаются связи, будет замещено частицами минерала.

Таким образом, подтверждается необходимость проведения научных и практических работ в области подготовки древесно-волоконистых полуфабрикатов и минеральных добавок в технологии получения ДВП с целью снижения пожарной опасности готовой продукции.

Экспериментальная часть

Построение математических моделей объекта является важнейшей составной частью научного исследования. Целью наших экспериментальных изысканий являлось получение эмпирических математических моделей, описывающих исследуемый объект, т.е. отыскание зависимости каждой из выходных величин объекта от варьируемых факторов. Разработанные математические модели объекта являются хорошим инструментом исследования. С их помощью можно определить интересующие характеристики объекта, результаты влияния на него тех или иных факторов, оптимальные режимы функционирования и способы управления объектом.

В данной работе для построения математической модели процесса, проверки ее адекватности и для оценки влияния на процесс каждого учитываемого технологического фактора использован регрессионный анализ – метод, который позволяет устанавливать значения факторов и диапазоны их варьирования по своему усмотрению, не нарушая хода технологического процесса, согласно техническим характеристикам применяемого оборудования, требованиям стандартов к готовой продукции и т.п. [9]. Для получения регрессионных зависимостей был реализован В-план второго порядка.

На основании анализа литературных источников и проведенных ранее экспериментов [10–12] в качестве управляемых параметров экспериментальных исследований выбраны:

- а) первая ступень размола – размол щепы (дефибратор):
 - износ сегментов L/h (10–90% с интервалом варьирования 40%);
 - зазор между дисками z (0,05–0,15 мм с интервалом варьирования 0,05 мм);
 - скорость вращения нижнего шнека n (12–15,4 об./мин с интервалом варьирования 1,7 об./мин);
 - массовая доля вермикулита в древесно-волоконистой композиции ω_v (10–50% к а.с.в. с интервалом варьирования 20% к а.с.в.);
- б) вторая ступень размола – размол древесно-волоконистой массы (рафинатор):
 - износ сегментов L/h (10–90% с интервалом варьирования 40%);
 - зазор между дисками z (0,05–0,15 мм с интервалом варьирования 0,05 мм);
 - концентрация древесно-волоконистой массы c (2,5–3,5% с интервалом варьирования 0,5%);
 - массовая доля вермикулита в древесно-волоконистой композиции ω_v (10–50% к а.с.в. с интервалом варьирования 20% к а.с.в.).

Контролируемые параметры были выбраны следующие:

- потеря массы образца Δm , %;
- время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения τ , мин.

К неконтролируемым факторам эксперимента относились не указанные выше геометрические и физико-механические характеристики процесса.

Исследования по размолу древесно-волоконистых полуфабрикатов осуществлялись на промышленных установках завода ДВП ОАО «Лесосибирский ЛДК №1», а также на экспериментальных и полупро-

мышленных установках лаборатории лесоперерабатывающей, целлюлозно-бумажной и химической технологии древесины Лесосибирского филиала СибГТУ.

Определение параметров пожарной опасности готовых ДВП с добавлением вермикулита осуществляли с помощью прибора ОТМ по ГОСТ 12.1.044-89.

Для измерения температуры газообразных продуктов горения были использованы: термоэлектрический преобразователь; регистрирующий температуру прибор с диапазоном измерения от 0 до 800 °С (класс точности не ниже 0,5); секундомер с погрешностью измерения не более 1 с; весы лабораторные с наибольшим пределом взвешивания 500 г и погрешностью измерения не более 0,1 г.

В качестве исходного сырья для получения древесно-волоконистой массы использовались исключительно древесные отходы лесопильного производства и низкокачественная древесина со склада сырья породного состава $93 \pm 3,4\%$ хвойных пород.

Для придания ДВП специальных свойств в качестве наполнителя применяли вспученный вермикулит [13, 14]. В наших исследованиях был использован вспученный вермикулит по ГОСТ 12865-67 плотностью 200 кг/м³, мелкий – размер фракций до 0,6 мм.

Результаты и обсуждение

В результате обработки экспериментальных данных получены уравнения, описывающие необходимые зависимости. Все приведенные ниже математические зависимости представляют собой уравнения регрессии с нормализованными обозначениями факторов.

Размол щепы. Зависимости потери массы образца Δm и времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения ДВП τ от массовой доли вспученного вермикулита, конструктивных и технологических параметров дефибратора:

$$\Delta m = 114,19 - 1,55 L/h - 71,4 z - 0,6 n - 1,66 \omega_6 + 0,08 L/h^2 + 0,01 \omega_6^2 + 6,5 L/hz + 0,02 n\omega_6; \quad (1)$$

$$\tau = 22,18 + 0,8 L/h - 49,5 z - 10,8 n + 1,6 \omega_6 + 0,01 L/h^2 - 6 z^2 + 0,32 n^2 - 0,03 \omega_6^2 + 0,95 L/hz - 0,1 L/hn + 0,01 L/h \omega_6 + 0,15 zn - 0,02 n\omega_6. \quad (2)$$

Для получения более наглядного представления о влиянии исследуемых факторов на выходную величину по уравнению (1) были построены графики (рис. 1–3).

Анализ графиков на рисунке 1 показывает, что одновременное увеличение износа сегментов размалывающей гарнитуры дефибратора и зазора между размалывающими дисками оказывает негативное влияние на потерю массы образца. При износе сегментов $L/h = 2$ значения потери массы образца стабильно снижаются, одновременное изменение зазора от 0,05 до 0,1 мм снижает величину потери массы более интенсивно в сравнении с интервалом от 0,1 до 0,15 мм. При износе сегментов $L/h = 6$ значения потери массы образца на участке варьирования зазора от 0,1 до 0,15 мм изменяются крайне незначительно. Однако при износе сегментов $L/h = 10$ на участке варьирования зазора от 0,1 до 0,15 мм наблюдается рост значений потери массы образца. Это подтверждается и графиками на рисунке 2.

Поверхность отклика на рисунке 3 иллюстрирует совместное влияние варьирования зазора между размалывающими дисками дефибратора и массовой доли вермикулита в древесно-волоконистой композиции на потерю массы образца. Одновременное увеличение факторов z и ω_6 позволяет снизить величину потери массы образца до 53%.

Практически величина массовой доли вермикулита в древесно-волоконистой композиции обратно пропорционально влияет на величину потери массы образца, хотя нельзя исключать и влияние квадратичного члена. Снижение значений величины потери массы образца происходит более интенсивно при увеличении массовой доли вермикулита от 10 до 30%, с дальнейшим ростом значений массовой доли величина потери массы образца снижается более плавно.

Время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения – классификационный параметр пожарной опасности материалов. В уравнении (2), которое описывает влияние исследованных факторов на данный параметр, присутствуют все линейные и квадратичные слагаемые, а также слабые, описывающие парные взаимодействия. Графики, наглядно демонстрирующие данные зависимости, представлены на рисунках 4–7. Увеличение зазора между размалывающими дисками и скорости вра-

щения нижнего шнека дефибратора негативно сказывается на величине времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения (рис. 4, 5), однако одновременное увеличение зазора между дисками и износа сегментов размалывающей гарнитуры приводит к росту значений параметра времени. Например, при значениях скорости вращения нижнего шнека $n = 13,7$ об./мин, массовой доли вермикулита в композиции $\omega_6 = 50\%$, износе сегментов $L/h = 2$ и зазоре между дисками $z = 0,05$ мм время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения $\tau = 5,65$ мин; при увеличении износа сегментов до $L/h = 10$ и зазора между дисками до $z = 0,15$ мм время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения увеличивается на 16 % (рис. 4).

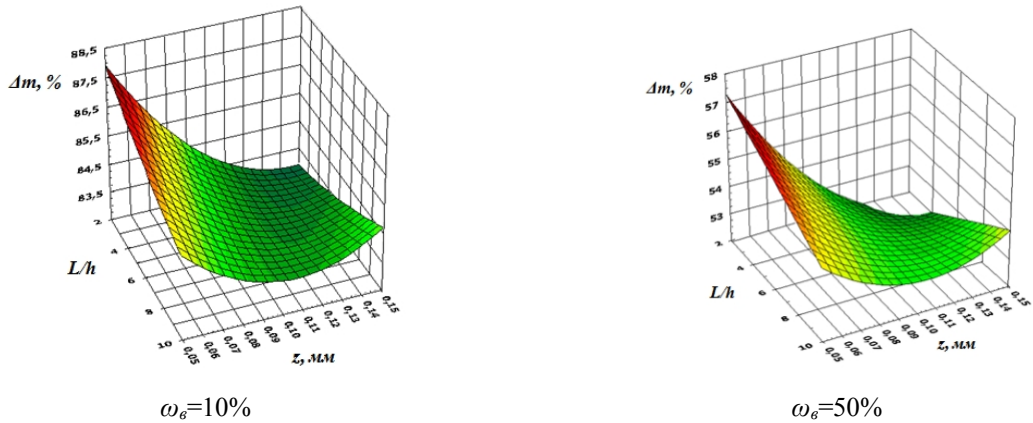


Рис. 1. Зависимость потери массы образца от зазора между размалывающими дисками дефибратора ($n = 13,7$ об./мин)

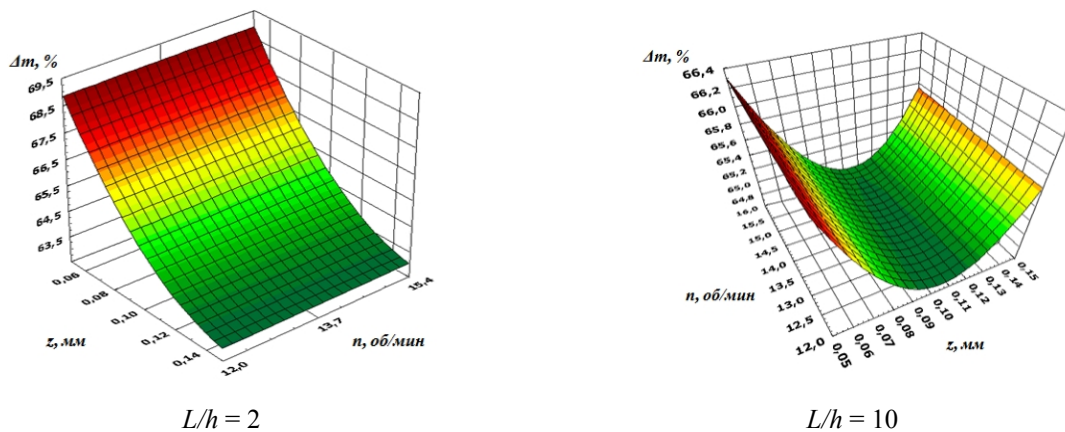


Рис. 2. Зависимость потери массы образца от зазора между размалывающими дисками дефибратора ($\omega_6 = 30\%$)

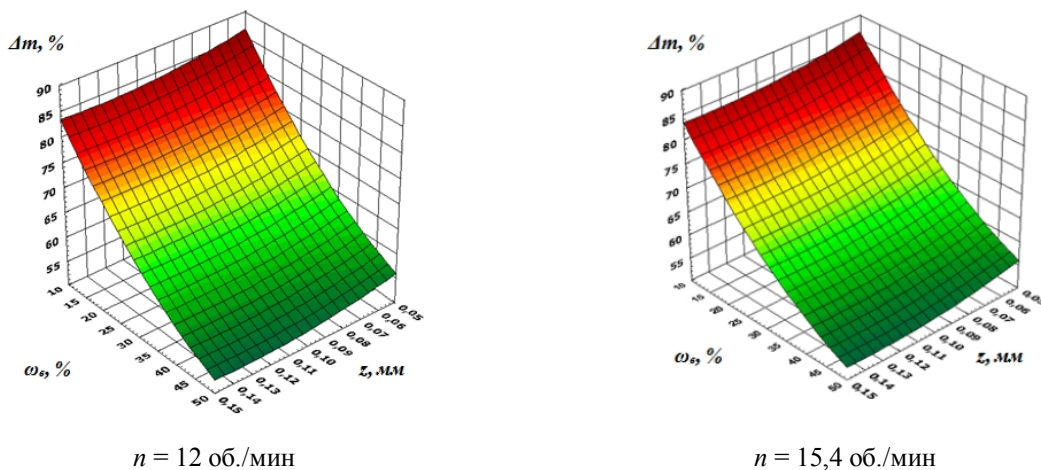


Рис. 3. Зависимость потери массы образца от зазора между размалывающими дисками дефибратора ($L/h = 6$)

При значениях скорости вращения нижнего шнека $n = 12$ об./мин, массовой доли вермикулита в композиции $\omega_6 = 30\%$, износе сегментов $L/h = 2$ и зазоре между дисками $z = 0,05$ мм время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения $\tau = 4,93$ мин; при увеличении износа сегментов до $L/h = 6$ и числа оборотов до $n = 13,7$ об./мин время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения снижается до $\tau = 4,39$ мин; увеличение износа сегментов до $L/h = 10$ при том же значении скорости вращения снижает время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения до $\tau = 4,1$ мин (рис. 5).

Более наглядно оценить влияние износа сегментов размалывающей гарнитуры на время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения можно, анализируя графики на рисунке 6.

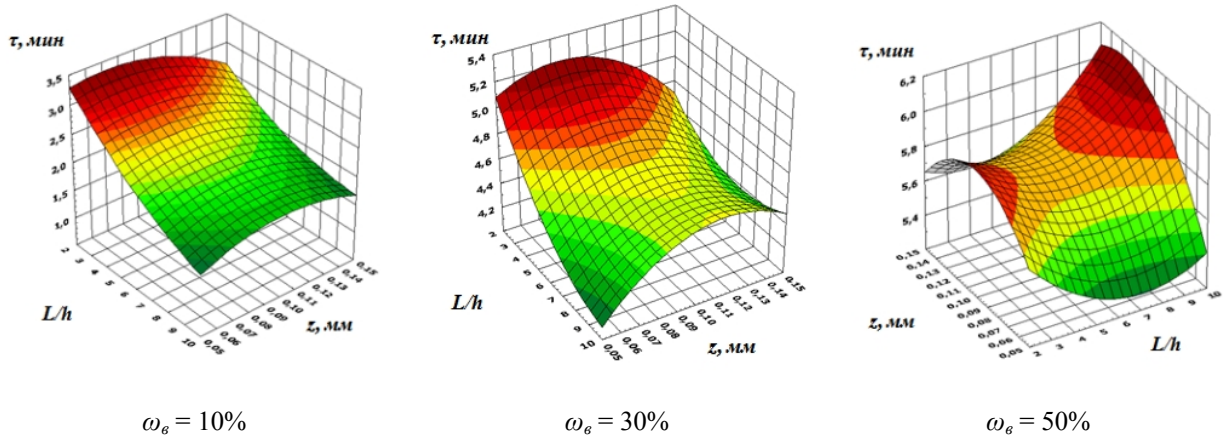


Рис. 4. Зависимость времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения от зазора между размалывающими дисками дефибратора ($n = 13,7$ об./мин)

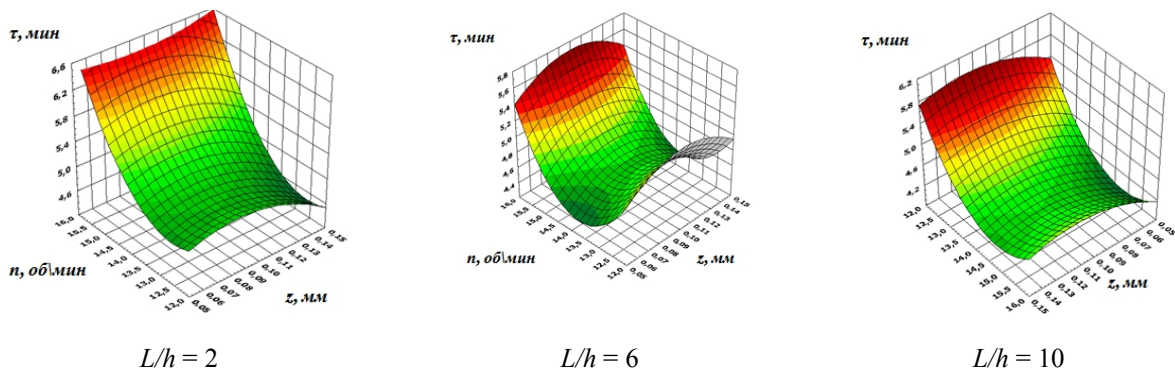


Рис. 5. Зависимость времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения от скорости вращения нижнего шнека дефибратора ($\omega_6 = 30\%$)

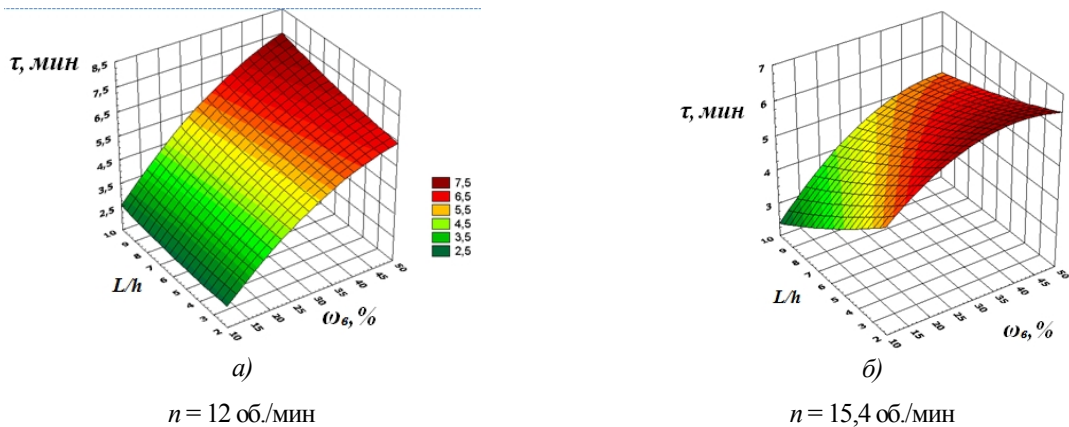


Рис. 6. Зависимость времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения от износа сегментов размалывающей гарнитуры дефибратора ($z = 0,1$ мм)

График на рисунке 6,а показывает, что при зазоре между размалывающими дисками дефибратора $z = 0,1$ мм и скорости вращения нижнего шнека $n = 12$ об./мин увеличение износа сегментов способствует росту значений времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения, с одновременным увеличением массовой доли вермикулита в плите значения τ возрастают в 3 раза.

На рисунке 6,б представлены зависимости, построенные при тех же значениях исследованных величин, однако величина скорости вращения нижнего шнека увеличена до максимального значения $n = 15,4$ об./мин. Анализируя представленные графики, можно заметить изменившийся характер зависимости величины времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения от степени износа сегментов размалывающей гарнитуры. С разной степенью интенсивности, которая изменяется при варьировании массовой доли вермикулита, время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения снижается.

Благоприятным для времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения является увеличение массовой доли вермикулита (рис. 7).

Независимо от варьирования других факторов, время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения увеличивается с увеличением массовой доли вермикулита в плите. Самым неблагоприятным оказывается одновременное увеличение массовой доли и скорости вращения нижнего шнека дефибратора – на участке от $\omega_6 = 30$ до 50% при скорости вращения нижнего шнека дефибратора $n = 15,4$ об./мин значения времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения возрастают очень незначительно.

Размол древесно-волокнутой массы. Зависимости потери массы образца Δm и времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения ДВП τ от массовой доли вспученного вермикулита, конструктивных и технологических параметров рафинатора:

$$\Delta m = 56,46 - 1,44L/h + 12,3z - 73,8c - 0,97\omega_6 + 0,11L/h^2 - 12,4c^2 + 0,01\omega_6^2 + 2,65L/hz + 0,01L/h\omega_6 - 36zc + 0,3z\omega_6 + 0,14c\omega_6; \quad (3)$$

$$\tau = 4,39 + 0,49L/h - 0,6z + 4,3c + 0,11\omega_6 + 0,013L/h^2 + 0,003\omega_6^2 - 0,315L/hc - 0,08c\omega_6. \quad (4)$$

Анализ математических зависимостей (3–4) показывает, что наибольшее влияние на параметры пожарной опасности ДВП со вспученным вермикулитом оказывает концентрация массы перед рафинатором, на втором месте по оказываемому влиянию – зазор между дисками рафинатора. Графики на рисунках 8 и 9 позволяют оценить влияние концентрации массы перед рафинатором и зазора между размалывающими дисками рафинатора на потерю массы образца и время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения. Как видно, повышение концентрации массы перед рафинатором способствует улучшению параметров пожарной опасности ДВП.

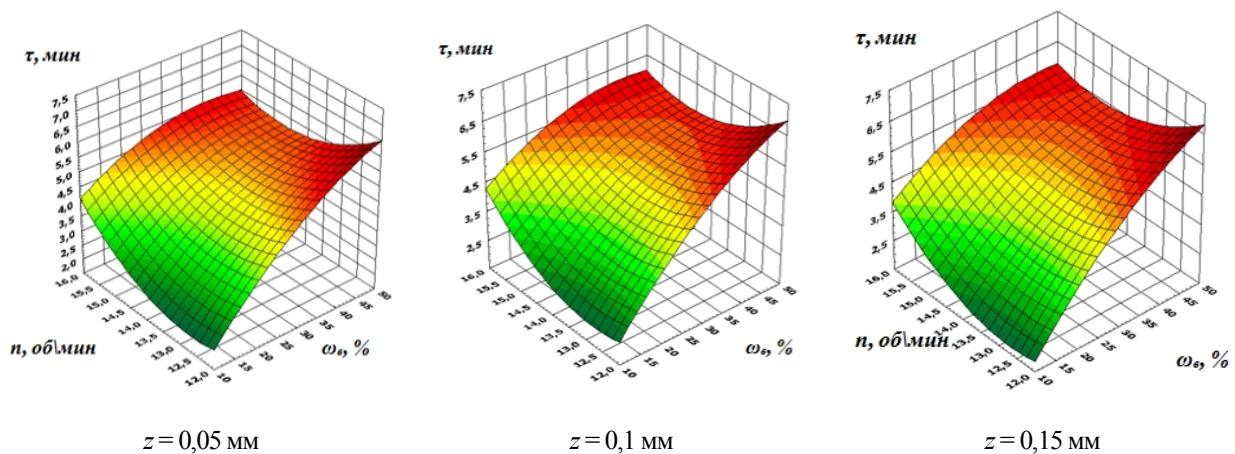
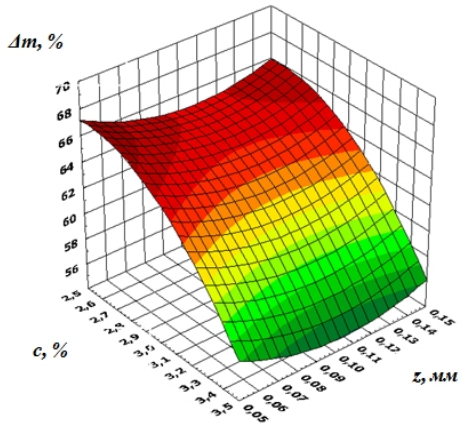
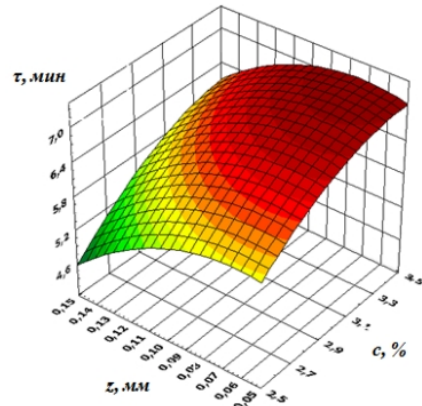


Рис. 7. Зависимость времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения от массовой доли вермикулита в древесно-волокнутой композиции ($L/h = 6$)



$\omega_g = 30\%$

Рис. 8. Зависимость потери массы образца от концентрации массы перед рафинатором ($L/h = 6$)



$\omega_g = 50\%$

Рис. 9. Зависимость времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения от концентрации массы перед рафинатором ($L/h = 6$)

На наш взгляд, это связано с влиянием концентрации древесно-волокнуистой массы при размоле на качество готовой продукции. При низкой концентрации рафинатор работает в режиме перекачки массы, т.е. в режиме насоса. Наблюдается ухудшение фракционного показателя качества древесного волокна, увеличивается количество перерубленных волокон, плита получается более рыхлая, что способствует распространению огня в плите. Соответственно, повышение концентрации массы перед рафинатором благоприятно воздействует на качество получаемого полуфабриката, его волокна хорошо фибриллированы, фракции вермикулита имеют возможность равномерно распределиться по всему объему плиты, препятствуя распространению пламени, вследствие чего показатель потери массы образца снижается, а время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения увеличивается.

Величина потери массы образца достигает минимального значения при зазоре 0,1 мм и концентрации массы 3,5%, а время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения при тех же значениях зазора и концентрации достигает своего максимума (рис. 8 и 11).

Графические зависимости потери массы образца и времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения от массовой доли вермикулита при различных значениях износа сегментов размалывающей гарнитуры представлены на рисунках 10 и 11.

Улучшению исследуемых параметров способствует повышение массовой доли вермикулита в древесно-волокнуистой композиции при средней степени износа сегментов размалывающей гарнитуры.

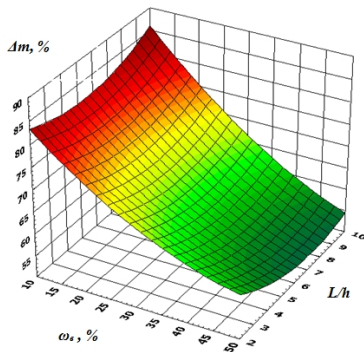


Рис. 10. Зависимость потери массы образца от массовой доли вермикулита ($c = 3,5\%$, $z = 0,1$ мм)

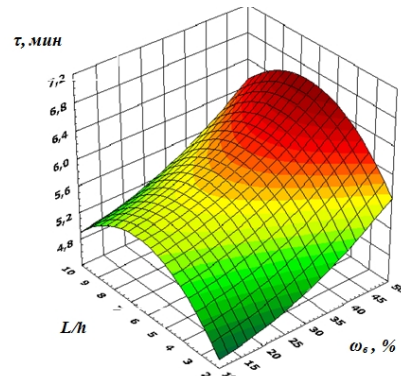


Рис. 11. Зависимость времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения от массовой доли вермикулита ($c = 3,5\%$, $z = 0,1$ мм)

Таким образом, влияние массовой доли вермикулита в древесно-волокнутой композиции, а также конструктивных и технологических параметров дефибратора и рафинатора на параметры пожарной опасности ДВП можно охарактеризовать следующим образом. Наибольшее влияние и на потерю массы образца и время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения оказывает варьирование зазора между размалывающими дисками. На наш взгляд, это связано с влиянием зазора на степень разработанности древесно-волокнутой массы, что, в свою очередь, влияет на способность вермикулита удерживаться в плите. Вторым по влиянию фактором является массовая доля вермикулита в композиции: естественно, чем больше содержание негорючего компонента в готовой плите, тем ниже показатель потери массы образца после отжига.

Выводы

Представленные уравнения, описывающие исследуемые процессы подготовки древесно-волокнутой массы, на наш взгляд, позволяют прогнозировать получение качественной древесно-волокнутой массы в зависимости от установленных режимов процесса размала, а также при известных значениях конструктивных и технологических параметров размалывающих установок, варьируя значения массовой доли вспученного вермикулита в древесно-волокнутой композиции, понизить параметры и показатели пожарной опасности плит, изготовленных из нее, до уровня трудновоспламеняемых по ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

Список литературы

1. Челпанова М. Красноярский край в цифрах // Леспром Информ. 2008. №9. С. 54–63.
2. Леонович А.А. Технология древесных плит: прогрессивные решения : учеб. пособие. СПб., 2005. 208 с.
3. Леонович А.А. Снижение пожарной опасности древесных материалов, изделий и строительных конструкций. СПб., 2002. 59 с.
4. Антонов А.В., Петрушева Н.А., Алашкевич Ю.Д. Получение огнезащищенных древесноволокнистых плит // Лесной журнал. 2012. №4. С. 99–104.
5. Антонов А.В., Алашкевич Ю.Д., Петрушева Н.А. О прочности древесноволокнистых плит со специальными свойствами // Наука и современность – 2010 : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2010. С. 11–15.
6. Антонов А.В., Алашкевич Ю.Д., Петрушева Н.А., Чижов А.П. Получение древесноволокнистых плит специального назначения с использованием вермикулита // Древесные плиты: теория и практика : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2011. С. 71–73.
7. Антонов А.В., Алашкевич Ю.Д., Петрушева Н.А., Чижов А.П. Возможность получения древесноволокнистых плит со специальными свойствами // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения : материалы Всеросс. науч.-практ. конф. Красноярск, 2011. Т. 1. С. 202–204.
8. Антонов А.В., Петрушева Н.А., Чижов А.П., Ярошенко К.О., Мухамедшина Л.М. Использование вермикулита в производстве древесноволокнистых плит // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки : материалы Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Красноярск, 2011. Т. 2. С. 62–64.
9. Пижурич А.А. Исследование процессов деревообработки. М., 1984. 232 с.
10. Антонов А.В., Алашкевич Ю.Д., Петрушева Н.А., Чижов А.П. Обоснование использования вермикулита в производстве ДВП со специальными свойствами // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья : материалы V Всеросс. конф. с междунар. участием. Барнаул, 2012. С. 429–432.
11. Антонов А.В., Алашкевич Ю.Д., Петрушева Н.А. Производство древесноволокнистых плит со сниженными свойствами пожарной опасности // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения : материалы Всеросс. науч.-практ. конф. Красноярск, 2012. Т. 2. С. 124–129.
12. Антонов А.В., Алашкевич Ю.Д., Петрушева Н.А., Чижов А.П. Математическая модель получения ДВП со специальными свойствами // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья : материалы V Всеросс. конф. с междунар. участием. Барнаул, 2012. С. 427–429.
13. Антонов А.В., Петрушева Н.А., Чижов А.П., Алашкевич Ю.Д. Влияние технологических и конструктивных параметров размала на свойства трудновоспламеняемых древесноволокнистых плит // Химия растительного сырья. 2012. №4. С. 215–219.
14. Антонов А.В., Петрушева Н.А., Чижов А.П., Алашкевич Ю.Д. Размол древесноволокнистых полуфабрикатов при производстве трудновоспламеняемых древесноволокнистых плит // Химия растительного сырья. 2012. №4. С. 221–224.

Поступило в редакцию 21 января 2016 г.

После переработки 19 апреля 2016 г.

Antonov A.V.^{1*}, Petrusheva N.A.², Alashkevich Y.D.^{1,3} THE PARAMETERS OF FIRE DANGER FLAME RETARDANT FIBREBOARD

¹Siberian fire and rescue Academy – branch of St. Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia, North St. 1, Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972 (Russia), e-mail: sanches12@mail.ru

²Lesosibirsk branch of Siberian state technological University, ul. Pobedy, 29, Lesosibirsk, 662543 (Russia), e-mail: info@lfsibgtu.ru

³Siberian state technological University, Mira 82, Krasnoyarsk, 660049 (Russia), e-mail: mapf@sibgtu.ru

The paper presents the results of research of dependence of indicators of fire danger of wood-fiber plates with reduced fire risk from technological and design parameters of the milling process. The work is aimed at obtaining hardboard wet process production with indicators of fire danger, reduced to the level of flame-resistant according to GOST 12.1.044-89 «Fire and explosion hazards of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination». For the task solution in the work there were used methods of mathematical planning with the aim of obtaining the mathematical description of grinding process of wood-fiber mass during the manufacture of hardboard panels with a reduced fire hazard. Construction of mathematical models of object is an important part of scientific research. Developed mathematical model of the object are a good research tool. The equations describing the studied processes of preparation of wood materials, in our view, allow for obtaining high-quality wood mass depending on the set modes of the milling process; under certain values of the constructive and technological parameters of the refining installations and by changing the values of the mass fraction of expanded vermiculite in wood-fiber composition, to lower the parameters and indicators of fire danger plates made of it.

Keywords: fiberboard, fire danger, loss of the sample mass, the maximum temperature gaseous products of combustion, mathematical description, vermiculite.

References

1. Chelpanova M. *Lesprom Inform*, 2008, no. 9, pp. 54–63. (in Russ.).
2. Leonovich A.A. *Tehnologija drevesnyh plit: progressivnye resheniya*. [The technology of wood-based panels: innovative solutions]. St. Petersburg, 2005, 208 p. (in Russ.).
3. Leonovich A.A. *Snizhenie pozharnoj opasnosti drevesnyh materialov, izdelij i stroitel'nyh konstrukcij*. [Reducing the fire danger of wood materials, products and construction units]. St. Petersburg, 2002, 59 p. (in Russ.).
4. Antonov A.V., Petrusheva N.A., Alashkevich Ju.D. *Lesnoj zhurnal*, 2012, no. 4, pp. 99–104. (in Russ.).
5. Antonov A.V., Alashkevich Ju.D., Petrusheva N.A. *Nauka i sovremennost' – 2010: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Science and the present – 2010: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference]. Novosibirsk, 2010, pp. 11–15. (in Russ.).
6. Antonov A.V., Alashkevich Ju.D., Petrusheva N.A., Chizhov A.P. *Drevesnye plity: teorija i praktika: materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Wood-based panels: Theory and Practice: Proceedings of the XIV International scientific and practical conference]. St. Petersburg, 2011, pp. 71–73. (in Russ.).
7. Antonov A.V., Alashkevich Ju.D., Petrusheva N.A., Chizhov A.P. *Lesnoj i himicheskij komplekсы – problemy i reshenija: materialy vsersijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. [Forest and chemical complexes – Problems and Solutions: materials All-Russian scientific-practical conference]. Krasnoyarsk, 2011, vol. 1, pp. 202–204. (in Russ.).
8. Antonov A.V., Petrusheva N.A., Chizhov A.P., Jaroshenko K.O., Muhamedshina L.M. *Molodye uchenye v reshenii aktual'nyh problem nauki: materialy Vseross. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem*. [Young scientists in solving urgent problems of science: Proceedings of All-Russian scientific-practical conference with international participation]. Krasnoyarsk, 2011, vol. 2, pp. 62–64. (in Russ.).
9. Pizhurin A.A. *Issledovanie processov derevoobrabotki*. [Woodworking processes Research]. Moscow, 1984, 232 p. (in Russ.).
10. Antonov A.V., Alashkevich Ju.D., Petrusheva N.A., Chizhov A.P. *Novye dostizhenija v himii i himicheskoy tehnologii rastitel'nogo syr'ja: materialy V Vseross. konf. s mezhdunar. uchastiem*. [New advances in chemistry and chemical technology of vegetable raw materials: materials V All-Russian conference with international participation]. Barnaul, 2012, pp. 429–432. (in Russ.).
11. Antonov A.V., Alashkevich Ju.D., Petrusheva N.A. *Lesnoj i himicheskij komplekсы – problemy i reshenija: materialy Vseross. nauch.-prakt. konf.* [Forest and chemical complexes – Problems and Solutions: materials All-Russian scientific-practical conference]. Krasnoyarsk, 2012, vol. 2, pp. 124–129. (in Russ.).
12. Antonov A.V., Alashkevich Ju.D., Petrusheva N.A., Chizhov A.P. *Novye dostizhenija v himii i himicheskoy tehnologii rastitel'nogo syr'ja: materialy V Vseross. konf. s mezhdunar. uchastiem*. [New advances in chemistry and chemical technology of vegetable raw materials: materials V All-Russian conference with international participation]. Barnaul, 2012, pp. 427–429. (in Russ.).
13. Antonov A.V., Petrusheva N.A., Chizhov A.P., Alashkevich Ju.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ja*, 2012, no. 4, pp. 215–219. (in Russ.).
14. Antonov A.V., Petrusheva N.A., Chizhov A.P., Alashkevich Ju.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ja*, 2012, no. 4, pp. 221–224. (in Russ.).

Received January 21, 2016

Revised April 19, 2016

* Corresponding author.

