

2 Бетулин: получение, применение, контроль качества: монография/ С.И. Третьяков, Е.Н. Коптелова, Н.А. Кутакова и др.; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2015. – 180 с.: ил.

3. Bruce A., Palfreyman John W. Forest Products Biotechnology. – Taylos & France, 1998. – 243 p.

4. Оптимизация процесса получения дубильного экстракта из луба березовой коры / Т.В. Рязанова, Б.Н. Кузнецов, С.А. Кузнецова и др. // Химия растительного сырья. 2004. №3. С. 29 – 33.

5. Выделение экстрактивных веществ из луба коры березы при воздействии СВЧ-поля/ А.И. Захарова, С.И. Третьяков, Н.А. Кутакова, Е.Н. Коптелова// Лесной журнал. 2015. № 4. С. 148 – 155.

УДК 676.1.054.1

В.А. Якимов¹, нач. отдела;

Ю.Д. Алашкевич², член-корреспондент РАО, проф., д-р техн. наук
2546754@list.ru (¹СПСА ГПС МЧС России, ²СибГАУ, г. Красноярск)

ЭНЕРГОЗАТРАТЫ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ СУХИМ СПОСОБОМ С ПОНИЖЕННОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТЬЮ

С целью решения задачи получения древесноволокнистых плит с пониженной пожарной опасностью сухим способом производства, в работе автором произведен анализ процесса подготовки древесноволокнистых полуфабрикатов и огнезащитных компонентов в размольных агрегатах. Дана оценка влиянию технологических и конструктивных параметров размалывающих машин на качественные показатели огнезащитных пресс-масс.

На основании результатов теоретических исследований предложена огнезащитная композиция древесно-вермикулитового состава для получения ДВП сухим способом с пониженной пожарной опасностью.

Операция получения древесноволокнистой огнезащищенной композиции является наиболее энергоемкой в общем технологическом процессе производства древесноволокнистых плит специального назначения и составляет в среднем не менее 50 % всех затрат электроэнергии, потребной для производства готовой продукции [1,4,5]. В связи с этим, вопрос энергопотребления в производстве ДВП сухим способом с пониженной пожарной опасностью экономически является достаточно важным в связи с предложением новых режимов размола существующей размольной установки и предлагаемой для подготовки вермикулита, которые обеспечивали бы необходимое качество размола

при минимальных энергозатратах. Это требует научно обоснованного подхода к оценке механизма размола в размалывающих машинах [3].

Расход электроэнергии определяли по величине нагрузки на главный электродвигатель размольной машины. Как отмечалось ранее, при проведении многофакторного эксперимента параллельно с исследованиями зависимости качественных показателей древесноволокнистой массы и готовых О-ДВП_{сух} от конструктивных и технологических параметров размольной установки, проводились исследования влияния варьируемых параметров размалывающей установки на энергозатраты.

При каждом изменении значений одного из параметров проводилось фиксирование значения нагрузки на главный двигатель при помощи амперметра, а затем рассчитывался удельный расход электроэнергии, затрачиваемой на операцию размола по формуле:

$$E = (N \cdot t) / m, \quad (1)$$

где, N – расходуемая мощность, Вт; t – время, с; m – масса, кг.

В качестве входных факторов варьировались и оценивались: показатель износа сегментов в процессе их эксплуатации, величина зазора между размалывающими сегментами, частота вращения питающего шнека рафинера. Уровни, шаги и интервалы варьирования входных факторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования исследуемых факторов для реализации третьего этапа трехфакторного эксперимента

Фактор	Обозначение		Интервал варьирования фактора	Уровень варьирования фактора		
	натуральное	нормализованное		-1	0	+1
Износ сегментов (отношение ширины ячейки ножа к его высоте)	L/h	X ₁	1,07	1,15	2,22	3,29
Зазор между размалывающими дисками, мм	z	X ₂	0,15	0,25	0,40	0,55
Частота вращения выносного шнека, мин ⁻¹	n	X ₃	10	20	30	40

Выходным фактором эксперимента в данном случае являлись значения затрат удельного расхода электроэнергии рафинера в процессе подготовки древесноволокнистых компонентов.

Для математического описания данного эксперимента с тремя варьируемыми факторами принималась модель второго порядка, общий вид которой приведен следующей формулой:

$$Y = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + B_3 \cdot X_3 + B_{11} \cdot (X_1)^2 + B_{22} \cdot (X_2)^2 + B_{33} \cdot (X_3)^2 + B_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + B_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + B_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (2)$$

При реализации многофакторного эксперимента, спланированного по В-плану второго порядка, удельный расход электроэнергии представлен статистическо-математическим уравнением:

$$E = 845,4 + 11,61 \cdot L/h - 2542,3 \cdot z - 9,7 \cdot n + 1,81 \cdot L/h^2 + 2022,15 \cdot z^2 + 0,19 \cdot n^2 - 27,6 \cdot L/h \cdot z + 0,43 \cdot L/h \cdot n + 8,9 \cdot z \cdot n. \quad (3)$$

Полученная математическая модель по результатам статистической проверки с помощью критерия Фишера является адекватной, поэтому может быть использована для описания, оценки и прогнозирования удельного расхода электроэнергии при изменении значений технологических и конструктивных параметров рафинера.

Анализируя уравнения, можно отметить, что степень помола волокна, качественные характеристики огнезащищенных плит и затраты электроэнергии на размол зависят от одних и тех же факторов и коррелированы между собой.

По полученной модели с натуральными обозначениями факторов построены графические зависимости удельного расхода электроэнергии, затрачиваемой на размол, от степени износа размалывающих сегментов, зазора между ними и частоты вращения выносного шнека. Графические зависимости, построенные по моделям, представлены на рисунке 1. Данные графические зависимости дают наглядное представление о влиянии исследуемых факторов на удельный расход электроэнергии. Исследуя и анализируя их, можно определить, при каких значениях параметров размольной машины расходуется меньшее количество электроэнергии при заданных значениях качественных показателей готовых плит.

На рисунке 1 представлена графическая зависимость, отражающая взаимное влияние частоты вращения выносного шнека и степени износа размалывающих сегментов при фиксировании зазора между дисками на среднем уровне, то есть $z=0,4$ мм. Результаты исследований показали, что при уменьшении зазора между размалывающими дисками удельный расход электроэнергии повышается. Чем выше степень износа размалывающих сегментов, тем выше, при том же значении зазора между ними, расход электроэнергии.

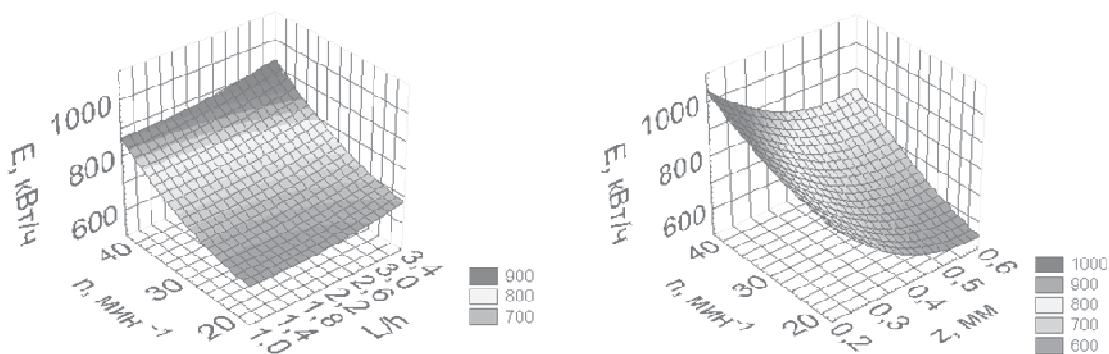


Рисунок 1 – Зависимость удельного расхода электроэнергии от технологических и конструктивных параметров рафинера

При минимальном износе сегментов $L/h=1,15$, при увеличении частоты вращения шнека от 20 до 40 мин^{-1} , удельный расход электроэнергии изменялся в пределах $680-870 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, а при максимальном износе сегментов $L/h=3,29$, при том же диапазоне изменения частоты вращения выносного шнека, величина удельного расхода электроэнергии повышается от 730 до $980 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Повышение частоты вращения выносного шнека также приводит к увеличению удельного расхода электроэнергии. При минимальном износе сегментов $L/h=1,15$, при увеличении частоты вращения выносного шнека от 20 до 40 мин^{-1} , удельный расход электроэнергии изменялся в пределах $680-870 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$, а при максимальном износе сегментов $L/h=3,29$, при том же диапазоне изменения частоты вращения шнека, величина удельного расхода электроэнергии повышается от 730 до $980 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}$.

Из графиков видно, что при фиксировании величины степени износа на среднем уровне ($L/h=2,22$), уменьшении зазора между размалывающими дисками и увеличении частоты вращения выносного шнека, удельный расход электроэнергии увеличивается. Скорость вращения нижнего шнека оказывает на расход электроэнергии большее влияние, чем зазор. Так, для $z=0,55 \text{ мм}$ при $n=20,0 \text{ мин}^{-1}$ расход электроэнергии составит $585 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, а для $z=0,55 \text{ мм}$, но уже при $n=40,0 \text{ об/мин}$ – $E=850 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$; для $z=0,25 \text{ мм}$ и при $n=20,0 \text{ мин}^{-1}$ – $E=800 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$, а для $z=0,25 \text{ мм}$, но уже при $n=40,0 \text{ мин}^{-1}$ – $E=980 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Исследования показали, что на удельный расход энергии при приготовлении древесноволокнистой массы оказывают существенное влияние технологические и конструктивные параметры пропарочной камеры и размольной установки, исходное состояние и качество древесного сырья, его породный состав, давление и температура процесса, конструкция и материал ножевой гарнитуры и т.д. Установлено, что увеличение содержания доли лиственных пород в сырье приводит

к снижению нагрузки на главный электродвигатель. Нагрузка возрастает с увеличением продолжительности работы размольных дисков, при этом снижается производительность размольных машин, ухудшается качество получаемого волокна [2].

Результаты исследований расчетных значений зависимостей удельного расхода электроэнергии на рафинере от изменения значений степени помола массы по сравнению с существующими на производстве представлены в виде графических зависимостей на рисунке 2.

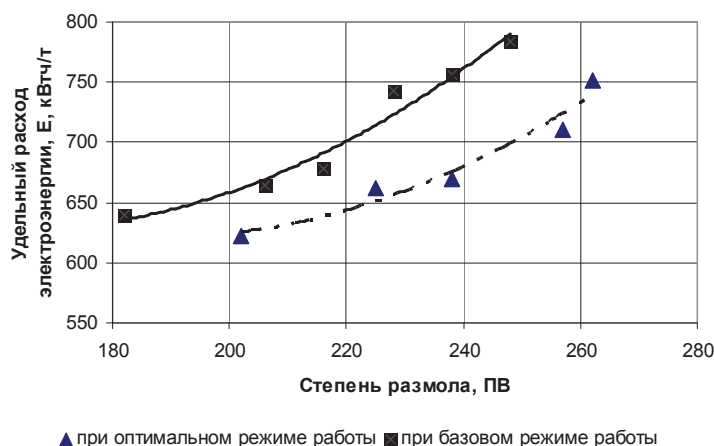


Рисунок 2 – Зависимость удельного расхода электроэнергии от величины степени помола на рафинере

Как показывают результаты исследований, конструктивные и технологические параметры размольной установки оказывают существенное влияние на качество получаемого древесного волокна и физико-механические показатели готовых огнезащищенных плитв сухом способе производства ДВП. В то же время, стремление улучшить показатели древесноволокнистой плиты может привести к повышенному расходу электроэнергии, что увеличит, в конечном итоге, себестоимость готовой плиты.

Удельный расход электроэнергии расходуемый на подготовку вермикулитового компонента представлен статистическо-математическим уравнением:

$$E = 325,5 + 17,8 \cdot z - 3,12 \cdot \varepsilon - 1,84 \cdot z^2 - 0,31 \cdot \varepsilon^2 + 0,12z \cdot \varepsilon, \quad (4)$$

где z – зазор между ножами ротора и статора, ε – угол встречи ножа статора с сырьем – вермикулитом, подаваемым на измельчение

На рисунке 3 представлена графическая зависимость, отражающая влияние технологических факторов размольной установки МР-5: зазора между ножами ротора и статора (z) и угла встречи кромки ножа с минералом (ε) на удельный расход электроэнергии затрачиваемый на подготовку вермикулита.

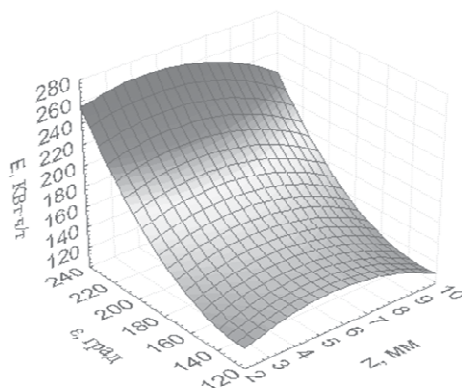


Рисунок 3 – Зависимость удельного расхода электроэнергии от величины степени помола на рафинере

Обобщая полученные результаты, необходимо отметить, что получать древесноволокнистый полуфабрикат с заданными характеристиками и свойствами с целью формирования необходимых морфологических свойств огнезащищенной пресс-массы можно только в том случае, когда известны значения технологических параметров рафинера, которые надо установить. При этом физико-механические показатели плиты будут наилучшими при возможно-минимальных затратах электроэнергии на размол.

ЛИТЕРАТУРА

1 Карасев, Е.И. Развитие производства древесных плит [Текст]: учеб. пособие для студентов спец. 260200,260300 / Е.И. Карасев. – 2-е изд. – М.: МГУЛ, 2002. – 127 с.

2 Чистова, Н.Г. Переработка древесных отходов в технологическом процессе получения древесноволокнистых плит: дисс. докт. техн. наук/ Н.Г. Чистова. – Красноярск, 2010. – 415 с.

3 Чистова, Н.Г. Размол древесноволокнистой массы на промышленных установках при производстве ДВП [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03: защищена 20.12.2000 / Н.Г. Чистова. – Красноярск, 2000. – 170 с.

4 Влияние технологических и конструктивных параметров размола на свойства трудновоспламеняемых древесноволокнистых плит [Текст] / А.В. Антонов, Н.А. Петрушева, А.П. Чижов, Ю.Д. Алашкевич // Химия растительного сырья. – 2012. – №4. – С. 215–219.

5 Матыгулина, В.Н. Влияние конструктивных параметров размольной установки на качество древесного волокна и прочностные показатели MDF [Текст] / В.Н. Матыгулина, Н.Г. Чистова, Ю.Д. Алашкевич // Химия растительного сырья. – 2007. – № 2. – С. 107 – 111.