

УДК 66.013.6:674.817-41

**Н.Г. Чистова**

Сибирский государственный технологический университет

Чистова Наталья Геральдовна родилась в 1962 г., окончила в 1984 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесоинженерного дела Сибирского государственного технологического университета. Имеет 130 печатных работ в области комплексного использования древесного сырья, переработки древесных отходов в производстве древесноволокнистых плит.  
E-mail: chistova@lfsibgtu.ru



## ЭНЕРГОЗАТРАТЫ РАЗМОЛЬНОГО УЧАСТКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Показано, что использование оптимальных режимов работы ножевых размольных установок при обработке щепы и древесноволокнистой массы снижает энергозатраты на размол.

*Ключевые слова:* градус помола, древесноволокнистая масса, рафинатор, дефибратор.

В производстве древесноволокнистых плит (ДВП), как и в производстве картона и бумаги, определяющим этапом является предварительная подготовка исходного полуфабриката (щепы, древесной массы), или процесс размола. Это один из наиболее энергоемких процессов при производстве ДВП, потребляющий до 65 % от всех затрат электроэнергии данного производства [1].

Цель эксперимента – исследовать влияние качества помола (степени помола – ДС) и основных конструктивных технологических параметров размалывающих машин при всех прочих равных условиях технологического процесса и сохранении качественных показателей ДВП на удельный расход электроэнергии.

Исследования проводили в производственных условиях завода ДВП ЗАО «Лесосибирский ЛДК-1», на дефибраторе RT-50 (первая степень размола) и рафинаторе RR-50 (вторая степень).

Программа экспериментальных исследований реализована комплексом активных однофакторных и многофакторных экспериментов. Результаты исследований обработаны по В-плану второго порядка для получения математических моделей в целях описания объекта и поиска оптимальных условий функционирования исследуемой системы. Коэффициенты регрессии рассчитаны на ЭВМ с использованием пакета программ STATISTICA-5 (квази ньютоновский метод).

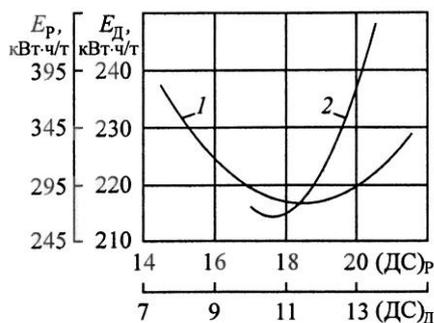


Рис. 1. Зависимость удельного расхода электроэнергии от степени помола массы на рафинаторе (1) и дефибраторе (2)

Значения уровней (min и max) и шага варьирования  $h$  для однофакторного эксперимента по определению зависимости удельного расхода электроэнергии от степени помола массы представлены в табл. 1.

В результате исследования влияния степени помола на удельный расход электроэнергии (однофакторный эксперимент) получены следующие математические зависимости:

для дефибратора

$$E_d = 4281,9 - 672,8 (\text{ДС}) + 27,7 (\text{ДС})^2; \quad (1)$$

для рафинатора

$$E_p = 155680,0 + 16745,0 (\text{ДС}) + 470,0 (\text{ДС})^2. \quad (2)$$

Наглядное представление о влиянии фактора на отклик дают графические зависимости, построенные по полученным математическим моделям (рис. 1). Из графиков видно, что с ростом степени помола щепы на дефибраторе удельный расход электроэнергии повышается, а с ростом степени помола древесноволокнистой массы на рафинаторе до 18,5 ДС этот показатель снижается, но при дальнейшем увеличении степени помола он возрастает.

Таблица 1

#### Уровни и шаг варьирования факторов

Фактор	Уровни варьирования		Шаг $h$
	min	max	
Степень помола массы для дефибратора	10,7	13,7	0,3
Степень помола массы для рафинатора	14,5	21,5	0,5

Таблица 2

#### Интервал и уровни варьирования управляемых факторов эксперимента

Фактор	Обозначение фактора		Интервал варьирования фактора	Уровни варьирования фактора		
	натуральное	нормализованное		нижний (-1)	основной (0)	верхний (+1)
Износ сегментов, мм	$L/h$	$X_1$	4	2	6	10
Зазор между дисками, мм	$z$	$X_2$	0,05	0,05	0,1	0,15
Частота вращения нижнего шнека, об/мин	$n$	$X_3$	1,7	12,0	13,7	15,4
Концентрация древесноволокнистой массы, %	$c$	$X_3$	0,5	2,5	3,0	3,5

Таким образом, достижение степени помола свыше 10,5...11,5 ДС (первая ступень) и 20,0...21,0 ДС (вторая ступень) нецелесообразно, так как, с одной стороны, возрастает удельный расход электроэнергии на размол, с другой – данные показатели степени помола, как показали исследования [2], являются оптимальными для получения твердых древесноволокнистых плит мокрым способом из хвойных пород древесины. Дальнейшее увеличение

степени помола ухудшает некоторые физико-механические показатели готовой плиты, например водопоглощение.

Полученные однофакторные зависимости позволяют контролировать удельный расход электроэнергии при размоле, не ухудшая качество помола.

На следующем этапе исследований был спланирован и реализован многофакторный эксперимент по определению функциональных зависимостей удельного расхода электроэнергии  $E$  от варьирования конструктивных и технологических параметров размалывающих машин:

для дефибратора

$$E_d = f(L/h, z, n); \quad (3)$$

для рафинатора

$$E_p = f(L/h, z, c), \quad (4)$$

где  $L/h$  – износ сегментов;

$z$  – зазор между дисками;

$n$  – частота вращения нижнего шнека;

$c$  – концентрация массы

Уровни и интервалы варьирования исследуемых факторов для трехфакторного эксперимента на первой (дефибратор) и второй (рафинатор) ступенях размолы приведены в табл. 2.

В результате исследований влияния основных конструктивных технологических параметров дефибратора ( $L/h, z, n, c$ ) и рафинатора ( $L/h, z, c$ ) на удельный расход электроэнергии получены следующие математические зависимости:

для дефибратора

$$9^* \quad E_d = 179,520 + 2,5953(L/h) - 39,398z + 2,45868n + 0,066375(L/h)^2 - 25z^2 + 0,02164n^2 - 5,625((L/h)z) - 0,09192((L/h)n) + 1,471(zn); \quad (5)$$

для рафинатора

$$E_p = 621,155 - 13,2680(L/h) - 167,050z - 312,455c + 2,48(L/h)^2 + 3876z^2 + 79,76c^2 - 15,625((L/h)z) - 0,9375((L/h)c) - 347,8(zc). \quad (6)$$

Значения расчетных коэффициентов в уравнениях подтверждают влияние данного фактора или его взаимодействие с другим фактором на удельный расход электроэнергии при размоле.

По полученным моделям с натуральными обозначениями факторов построены графические зависимости удельного расхода электроэнергии от износа сегментов, зазора между ротором и статором, частоты вращения нижнего шнека дефибратора, концентрации массы перед рафинатором. В качестве примера на рис. 2 для дефибратора представлены графики при фиксировании  $z$  на максимальном уровне, для рафинатора – при фиксировании  $L/h$  на максимальном уровне.

Исследуя и анализируя данные графики и соответствующие математические зависимости, можно определить при каких значениях параметров машины расходуется наименьшее количество электроэнергии для производства плит с заданными качественными показателями.

Из рис. 2 видно, что при увеличении износа сегментов и возрастании частоты вращения нижнего шнека  $n$  на дефибраторе при фиксировании зазора между размалывающими дисками ( $z = 0,05; 0,10$  и  $0,15$  мм) удельный расход электроэнергии значительно увеличивается.

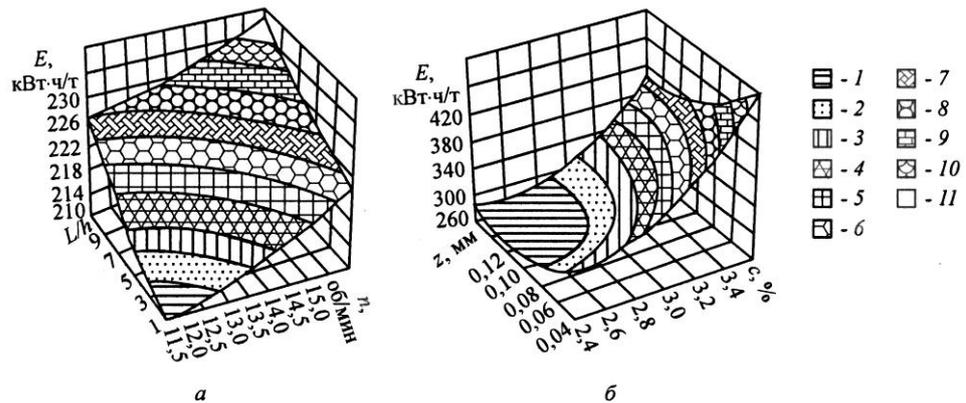


Рис. 2. Зависимость удельного расхода электроэнергии  $E$  при фиксировании зазора  $z$  между сегментами дефибратора (а) ( $1 - E_d = 212,4$  кВт·ч/т;  $2 - 214,8$ ;  $3 - 217,3$ ;  $4 - 219,7$ ;  $5 - 222,1$ ;  $6 - 224,5$ ;  $7 - 227,0$ ;  $8 - 229,4$ ;  $9 - 231,8$ ;  $10 - 234,2$  кВт·ч/т;  $11 -$  above) и износе сегментов ( $L/h$ ) рафинатора (б) ( $1 - E_p = 292,8$  кВт·ч/т;  $2 - 313,5$ ;  $3 - 334,3$ ;  $4 - 355,0$ ;  $5 - 375,7$ ;  $6 - 396,4$ ;  $7 - 417,1$ ;  $8 - 437,8$ ;  $9 - 458,6$ ;  $10 - 479,3$  кВт·ч/т;  $11 -$  above)

частота вращения нижнего шнека оказывает на расход электроэнергии большее влияние, чем величина зазора. Так, для  $z = 0,15$  мм и  $n = 12,0$  об/мин удельный расход электроэнергии  $E = 215,0$  кВт·ч/т; для  $z = 0,15$  мм и  $n = 15,0$  об/мин –  $226,5$  кВт·ч/т; для  $z = 0,05$  мм и  $n = 12,0$  об/мин –  $218,5$  кВт·ч/т, для  $z = 0,05$  мм и  $n = 15,0$  об/мин –  $232,0$  кВт·ч/т. При фиксировании исследуемых факторов на минимальном уровне зависимость роста удельного расхода электроэнергии от изменения тех же самых конструктивных параметров машины сохраняется.

Результаты, полученные в работе, трудно реализовать на практике, а тем более их прогнозировать. Например, из графика, представленного на рис. 2, б, видна зависимость удельного расхода электроэнергии при размоле массы на рафинаторе одновременно от варьирования зазора между ротором и статором и концентрации древесноволокнистой массы при износе сегментов до 90 %.

На рис. 3 представлены графики, показывающие зависимость удельного расхода электроэнергии от изменения степени помола при базовом и

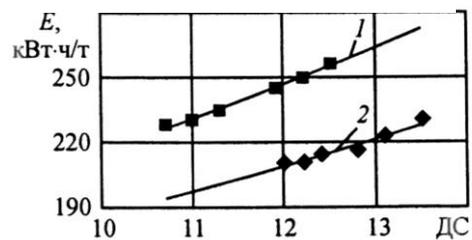


Рис. 3. Зависимость удельного расхода электроэнергии от степени помола при базовом (1) и оптимальном (2) режимах работ

оптимальном режимах работы размалывающих машин. С улучшением отдельных параметров размалывающих установок и достижением оптимальных условий их работы удельный расход электроэнергии имеет тенденцию к существенному снижению.

Используя оптимальные режимы, можно снизить удельный расход электроэнергии на обеих ступенях размола в среднем на 30...50 кВт·ч/т на одну единицу оборудования.

#### *Выводы*

1. Выявлена зависимость удельного расхода электроэнергии от степени помола, что позволяет, не снижая качества помола, варьировать энергозатраты процесса, стремясь к их снижению.

2. Получены уравнения, устанавливающие зависимость удельного расхода электроэнергии от основных технологических и конструктивных параметров размалывающих машин, которые могут быть использованы для прогнозирования степени помола и поиска оптимального (с точки зрения производительности и энергоемкости процесса размола) режима работы размольного оборудования, обеспечивающего все установленные ограничения на качественные показатели ДВП.

3. Обработка щепы и древесноволокнистой массы на ножевых размольных установках с оптимальными режимами работы снижает энергозатраты на разمول по сравнению с производственными условиями работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алашкевич, Ю.Д.* Исследование гидродинамических явлений в процессе размола волокон в ножевых и размалывающих машинах [Текст]: дис. ... докт. техн. наук / Ю.Д. Алашкевич. – Л., 1970. – 143 с.

2. *Чистова, Н.Г.* Исследование процесса размола древесной массы на промышленных установках при производстве ДВП [Текст]: монография / Н.Г. Чистова, Ю.Д. Алашкевич. – Красноярск: СибГТУ, 2000. – 114 с.

Поступила 11.03.09

*N.G. Chistova*  
Siberian State Technological University

#### **Power Consumption of Grinding Section in Fiber Board Production**

It is shown that the use of optimal operation modes of blade grinding devices in treatment of chips and wood-fiber mass reduces the power consumption for grinding.

Keywords: grinding degree, wood-fiber mass, refiner, defibrator.

---