

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАФИНЕРА НА ВОДОСТОЙКОСТЬ MDF

© В.Н. Матыгулина, Н.Г. Чистова, Ю.Д. Алашкевич

Лесосибирский филиал ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», Красноярск, Россия

В работе приведены результаты исследований, выполненных специалистами Лесосибирского филиала СибГТУ на одном из крупнейших деревоперерабатывающих предприятий Ангаро-Енисейского региона «Новоенисейский ЛХК» в промышленных условиях на действующем оборудовании. Определено влияние конструктивных и технологических параметров размалывающих машин на физико-механические показатели MDF – водопоглощение и разбухание, определяющих показатель водостойкости плиты. Результаты экспериментов обрабатывались по В-плану второго порядка. В результате чего были получены математические модели, адекватно описывающие исследуемый процесс. По уравнениям построены функции отклика в виде графических зависимостей, дающие наглядное представление о влиянии их на исследуемые факторы.

The results of researches executed by experts of the Lesosibirsk branch of SibSTU at on one of the largest wood-processing enterprises of Angara-Yenisei Region «Novoyeniseisky FCC» under industrial conditions on the operative equipment have been presented in the paper. Influence of constructive and technological parameters of grinding machines on physico-mechanical parameters MDF (water absorption and swelling) that determine the water resistance parameter of the plate has been determined. The results of the experiments were processed under the B-plan of the second order. In the issue, mathematical models sufficiently describing the investigated process have been acquired. By the equations the functions of response in the form of graphic dependences that give pictorial presentation about their influence on the investigated factors have been plotted.

Введение. Заводы по выпуску древесноволокнистых плит с конца 90-х годов прошлого столетия наращивают свои производственные мощности. Вместе с тем, на долю России приходится не более 3 % мирового объема производства, что, разумеется, недостаточно при наличии больших объемов неиспользуемой экономически доступной некондиционной древесины и древесных отходов.

В настоящее время наибольшим спросом на внутреннем и мировом рынках пользуются древесноволокнистые плиты средней плотности MDF ("Medium Density Fiberboard"), постепенно вытесняющие с рынка плитной продукции твердые древесноволокнистые и древесностружечные плиты. Сегодня это современный универсальный и экологически чистый материал, по сравнению с древесностружечными плитами.

MDF обладают однородной структурой, размерной стабильностью, лёгкостью обработки, теплостойкостью, хорошей звукопоглощающей способностью, имеют широкий диапазон плотности от 500 до 900

кг/м³ и толщин - от 3 до 50 мм. По своим физико-механическим показателям MDF не уступают цельной древесине и успешно её заменяют, не имея при этом ее основных недостатков (нестабильности размеров при изменении температурно-влажностных условий эксплуатации, анизотропии свойств, наличия пороков и др.) [1].

В последнее время наблюдается рост требований к физико-механическим показателям MDF, среди которых водопоглощение и разбухание плиты, определяющие ее водостойкость. Физико-механические показатели MDF определяют дальнейшие возможности ее использования в различных отраслях промышленности и для хозяйственных нужд.

Вместе с тем, учитывая, что производство MDF в нашей стране освоено сравнительно недавно, научные исследования по переработке полуфабрикатов и изготовлению данного вида плит в настоящее время практически отсутствуют. Однако в ближайшее время планируется запустить линию по производству MDF на одном из крупнейших деревоперерабатывающих предприятий

Ангаро-Енисейского региона, на ЗАО «Новоенисейский лесохимический комплекс», в состав которого входят заводы по производству древесноволокнистых плит сухим и мокрым способами.

Это обстоятельство требует проведения научных исследований для совершенствования технологических процессов и оборудования производства MDF. В Лесосибирском филиале Сибирского государственного технологического университета проводятся исследования в этом направлении для получения высококачественной готовой продукции при необходимой производительности оборудования.

Экспериментальная часть. Для выявления закономерностей влияния технологических параметров размола оборудования на физико-механические характеристики готовых MDF, был проведен эксперимент на промышленных установках предприятия.

Для чего был спланирован и реализован композиционный униформ-рототабельный план, в основе которого лежит регрессионный анализ, включающий метод наименьших квадратов и статистическую обработку данных. Данный план позволяет построить модель, с одинаковой точностью предсказывающую значение отклика в точках равноудаленных от центра плана и с

наибольшей точностью в точках, расположенных в его окрестности. Такое свойство модели представляет большую ценность для тех случаев, когда исследуется функционирование объекта вблизи номинального режима, а также когда модель предполагается использовать для оптимизации исследуемого процесса при условии, что искомый оптимум находится недалеко от центра плана. На наш взгляд, реализация такого плана исследований наилучшим образом подходит для обработки результатов представленного эксперимента [2].

На первом этапе наших исследований был проведен анализ теоретических и экспериментальных исследований в области процесса размола древесноволокнистых полуфабрикатов. На исследуемом предприятии подготовка древесного волокна для производства плиты осуществляется на быстроходном дисковом рафинере PR-42. По результатам предварительного поискового эксперимента в качестве входных (управляемых) факторов эксперимента были выбраны следующие технологические параметры процесса: L/h - износ сегментов, % (отношение ширины ячейки ножа к его высоте), z - зазор между размалывающими дисками, мм, n - число оборотов нижнего шнека, об/мин. Уровни и интервалы варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Уровни и интервалы варьирования исследуемых факторов

Наименование фактора	Обозначения		Уровни варьирования факторов				
	натур.	нормализ.	- 1,682	-1	0	+1	+1,682
Износ сегментов	L/h	X_1	1,15	1,58	2,2	2,86	3,29
Зазор между дисками, мм	σ	X_2	0,1	0,14	0,2	0,26	0,3
Обороты нижнего шнека, об/мин	n	X_3	20	28	36	44	50

Согласно установленной методики, эксперимент проводился в следующей последовательности:

- перед установкой размольных дисков в рафинер были проведены замеры ширины ячейки ножа и его высоты. Замеры производились в нескольких точках и за основу брались средние значения;

- из-за малого износа сегментов за одну рабочую смену, в течение которой производился эксперимент, параметр L/h принимался за постоянную величину, а эксперимент проводился в 5 этапов: при износе сегментов 10, 26, 50, 74 и 90 %;

- перед началом пуска рафинера устанавливался требуемый зазор между размалывающими дисками, для каждого зазора принимались пять значений оборотов нижнего шнека. При каждом следующем опыте фиксировался только один параметр при изменении двух других;

- при изменении параметров размольной установки согласно плана эксперимента, отбиралось необходимое количество осмоленной древесноволокнистой массы для прессования опытного образца на лабораторном прессе;

- после прессования из исходной плиты выбирались образцы определенного размера для исследования физико-механических характеристик MDF, характеризующих ее водостойкость, т.е. водопоглощения и разбухания, по известной методике, согласно ГОСТ 19592-80 «Плиты древесноволокнистые. Методы испытаний».

Исследования проводились для толщины MDF 10,16,25 и 30 мм. В настоящей работе приведены результаты исследований для MDF толщиной 16 мм.

Обработка результатов эксперимента осуществлялась в пакете программы

«STATISTICA-6». Расчет производился по Квази-Ньютоновскому методу.

В результате обработки экспериментальных данных получены математические зависимости физико-механических показателей плиты - водопоглощения (S) и разбухания MDF (R) от конструктивных и технологических параметров размольной установки: зазора между размалывающими дисками, оборотов нижнего шнека рафинера и износа сегментов, т.е. отношения ширины ячейки размалывающих сегментов к высоте ножа.

$$S=16,60677+0,340627 \cdot L/h-0,266064 \cdot z-96,1994 \cdot n+0,529337 \cdot L/h^2+0,006091 \cdot z^2+388,6106 \cdot n^2-0,033081 \cdot L/h \cdot z-3,10872 \cdot L/h \cdot n-0,358073 \cdot z \cdot n \quad (1)$$

$$R=21,50713+4,126544 \cdot L/h-160,892 \cdot z-0,332994 \cdot n+2,077429 \cdot L/h^2+342,5831 \cdot z^2+0,007248 \cdot n^2-14,2904 \cdot L/h \cdot z-0,255615 \cdot L/h \cdot n+1,325521 \cdot z \cdot n \quad (2)$$

Полученные математические модели являются адекватными. Коэффициенты, стоящие перед факторами, говорят о значимости входных параметров и влиянии их на исследуемые факторы, а также их парное взаимодействие на выходную величину.

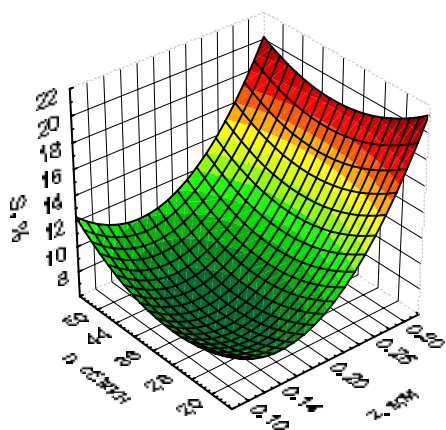
Так как регрессионные модели второго порядка дают богатую информацию о влиянии варьируемых факторов и их парных взаимодействий на выходную величину, эти модели можно использовать не только для оптимизации условий функционирования процессов размола, но и отыскания таких значений варьируемых факторов внутри диапазона их варьирования, для которых значения качественных и количественных характеристик древесного волокна и готовой плиты оказываются максимальными или минимальными [2].

Наглядное представление о влиянии входных факторов на выходную величину и их взаимодействие на функцию отклика дают графические зависимости, построенные по полученным моделям. Так как в настоящей работе спланирован и реализован 3-х факторный эксперимент, по полученной модели строится три графика. На рисунках 1 и 2 представлены графические изображения функций отклика по полученным моделям от двух варьируемых факторов при фиксировании третьего на среднем уровне [3].

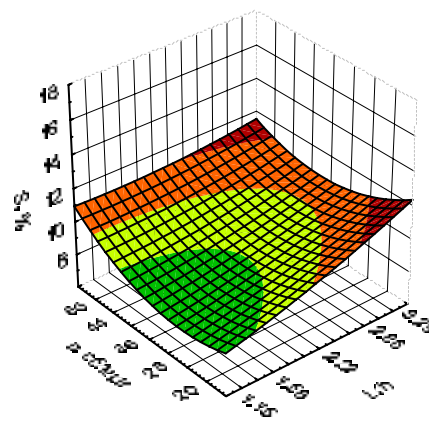
Из графиков, представленных на рисунке 1 можно видеть, как изменяется показатель

водопоглощения с продолжительностью работы сегментов, с изменением рабочего зазора между дисками, а также с изменением скорости вращения нижнего шнека рафинера, подающего щепу в размольную камеру. Причем, представленные пространственные графики дают более наглядное представление о рассматриваемом процессе, чем двухмерные графики. Например, из графика, представленного на рисунке 1,а хорошо видно, как изменяется показатель водопоглощения древесноволокнистой плиты при изменении величины рабочего зазора между сегментами и числа оборотов нижнего шнека, а износ сегментов фиксировался на среднем уровне ($L/h = \text{const} = 2,22$). Так при значении зазора равном 0,1 мм и при увеличении числа оборотов нижнего шнека от 20 до 50 об/мин, величина водопоглощения изменяется в пределах от 9 до 13 %, причем наименьшее значение водопоглощения при данном зазоре мы получим при $n=29$ об/мин, а при $z=0,30$ мм при изменении числа оборотов от 20 до 50 об/мин показатель водопоглощения резко возрастает от 18 до 21%. Анализ графика показал, что наилучшие показатели водопоглощения достигаются при значениях $z=0,14$ мм, $n=34$ об/мин.

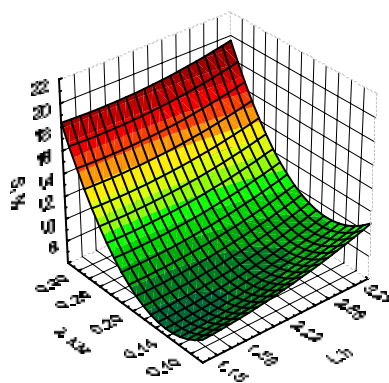
Аналогичным образом можно проанализировать графические зависимости, представленные на рисунке 1,б и в.



a)



б)

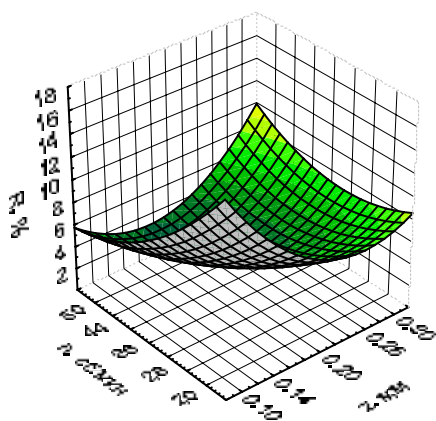


в)

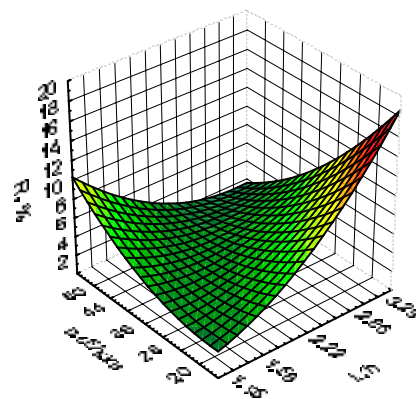
Рисунок 1 – Зависимость водопоглощения MDF от зазора между размалывающими дисками, числа оборотов нижнего шнека и износа сегментов

Проведя анализ графических зависимостей, построенных для разбухания MDF (рисунок 2, а-в) с теми же условиями, что и для водопоглощения, т.е. при фиксировании одного из входных параметров на среднем уровне, можно увидеть, как изменяется показатель разбухания MDF с продолжительностью работы сегментов, а также с изменением скорости вращения нижнего шнека рафинера подающего щепу в размольную камеру и величины зазора между сегментами. Исследования показали, что вышеперечисленные факторы оказывают весьма существенное влияние на величину разбухания MDF. Особое влияние, как видно

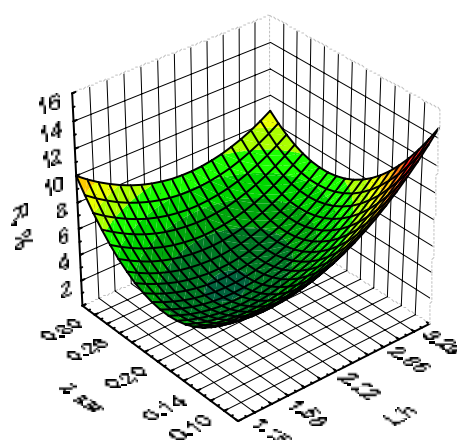
из графика, оказывает величина зазора между размалывающими дисками. Так, с увеличением величины зазора между размалывающими дисками с 0.1 мм до 0.25 мм величина разбухания также снижается и при $z=0,18$ мм достигает своего минимального значения 5,5 %, а затем показатель разбухания снова повышается, т.е. ухудшается. С изменением числа оборотов нижнего шнека величина разбухания изменяется незначительно, в пределах от 6 до 8 %, но своего минимального значения разбухание достигнет при $n=48$ об/мин. Следовательно, можно сделать вывод, наилучшие значения разбухания MDF мы получим при $n=48$ об/мин, $z=0,18$ мм.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Зависимость разбухания MDF от зазора между размалывающими дисками, числа оборотов нижнего шнека и износа сегментов

Соответственно вышеуказанные конструктивные и технологические параметры работы размольной установки будут являться наиболее предпочтительными для исследуемых характеристик древесного волокна и плиты.

Данные уравнения, на наш взгляд, позволяют прогнозировать показатели водопоглощения и разбухания MDF по конструктивным и технологическим параметрам размольной установки. Придавая готовой плите необходимые показатели водостойкости, мы имеем возможность повысить ее эксплуатационные характеристики.

По результатам работы выяснено, что процесс размола оказывает существенное

влияние на водопоглощение и разбухание MDF, которые являются оставяющими показателя водостойкости, причем этот процесс зависит от конструктивных и технологических параметров размалывающих машин. Правильный выбор и регулирование этих параметров позволяет влиять на технологический процесс получения MDF в целом.

Библиографический список

1. Матыгулина В.Н., Чистова Н.Г. Производство MDF, как одно из направлений использования древесных отходов//Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. научн. трудов. Выпуск 16. – Брянск. -2006. с. 75-77.

2. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследование процессов деревообработки. М.: Лесн. пром-сть. – 1973. – 119 с.

3. Чистова Н.Г. Размол древесноволокнистой массы на промышленных установках при производстве ДВП// Дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Красноярск, 2000. – 193 с.

4. Леонович А.А. Физико-химические основы образования древесных плит. – СПб.: Химиздат, 2003. -192 с.

