

УДК 684.4.05

Мохаммед Хайдер А. Аббас

(ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»)

mr_haider81@yahoo.com

ОПТИМИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕБЕЛИ

Использование системного анализа для процесса фрезерования деталей мебели позволило определить математические модели целевых функций зависимости показателя шероховатости от скорости подачи, скорости резания инструмента и влажности обрабатываемого материала, что дало возможность оптимизировать процесс фрезерования с учётом влажности обрабатываемых элементов.

Ключевые слова: процесс фрезерования, целевые функции автоматизированного управления, оптимизация, активный эксперимент, математическая модель.

Известно, что качество деталей в производстве мебели определяется допусками на размер, форму, взаимное расположение элементов детали и шероховатостью поверхности. Состояние поверхности оказывает существенное влияние на качество будущего изделия. Во время обработки на поверхности заготовки под действием процесса резания неизбежно появляются следы обработки – неровности поверхности, определяемые её шероховатостью. Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины [1]. Шероховатость относится к микрогеометрии твёрдого тела и определяет его важнейшие эксплуатационные свойства, например, такие как внешний вид. В зависимости от условий работы поверхности назначается параметр шероховатости при проектировании деталей мебели. Исходная

шероховатость является следствием технологической обработки поверхности материала, например, фрезами. Для широкого класса поверхностей горизонтальный шаг неровностей находится в пределах от 1 до 1000 мкм, а высота – от 0,01 до 10 мкм. Параметры шероховатости поверхности показаны на рис. 1.

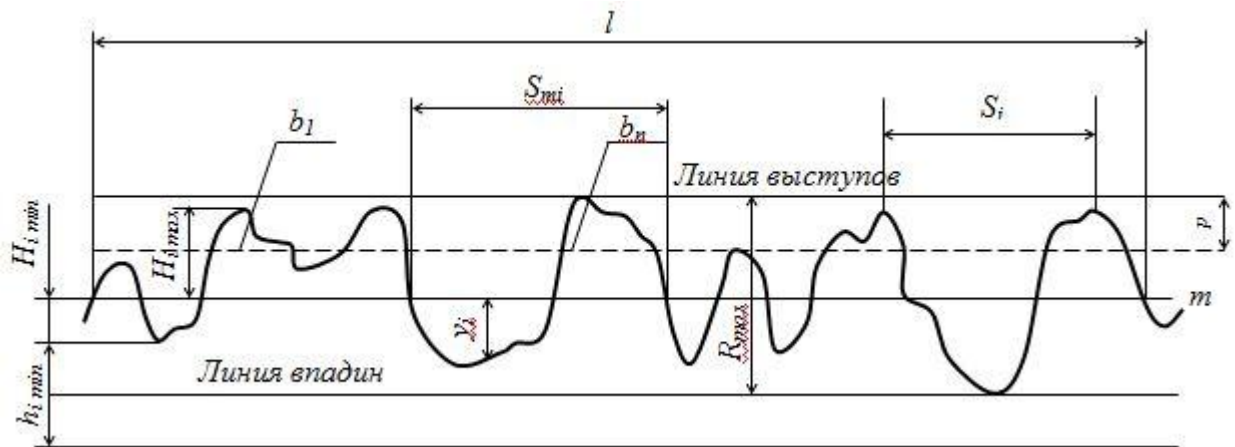


Рис. 1. Параметры шероховатости поверхности: l – базовая длина; m – средняя линия проля; S_{mi} – средний шаг неровностей профиля; S_i – средний шаг местных выступов профиля; $H_{i\ max}$ – отклонение пяти наибольших максимумов профиля; $H_{i\ min}$ – отклонение пяти наибольших минимумов профиля; $h_{i\ max}$ – расстояние от высших точек пяти наибольших максимумов до линии параллельной средней и не пересекающей профиль; $h_{i\ min}$ – расстояние от низших точек пяти наибольших минимумов до линии параллельной средней и не пересекающей профиль; R_{max} – наибольшая высота профиля; y_i – отклонения профиля от линии m ; p – уровень сечения профиля; b_n – длина отрезков, отсекаемых на уровне p .

К высотным параметрам поверхности относятся:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля, определяемое по формуле

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y_i| dx;$$

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 H_{i\ max} - \sum_{i=1}^5 H_{i\ min}}{5};$$

R_{max} – наибольшая высота профиля.

Для определения чистоты обработки поверхности параметр R_a является предпочтительным.

Из параметров режимов резания наиболее существенное влияние на величину шероховатости поверхности оказывают скорость резания и подачи инструмента [2, 3].

Используемая при системном анализе структурная схема процесса фрезерования деталей мебели [4] представлена на рис. 2

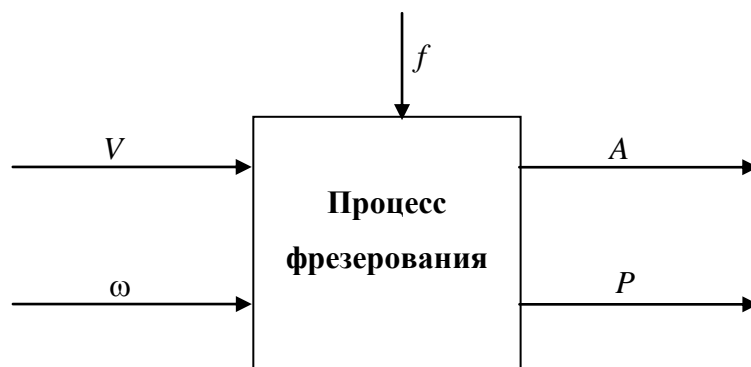


Рис. 2. Структурная схема процесса фрезерования: V – скорость подачи инструмента и ω – скорость резания (задающие воздействия); f – влажность древесного материала (возмущающее воздействие); A – чистота обработки, определяющая шероховатость поверхности в виде показателей R_a , R_z , R_{max} , и P – производительность фрезерной обработки (целевые функции управления процессом фрезерования).

Наиболее адекватный вид выходных функций управления выглядит как:

$$A = a_0 + a_1 V + a_2 \omega + a_3 f + a_{11} V^2 + a_{22} \omega^2 + a_{33} f^2 + a_{12} V\omega + a_{13} Vf + a_{23} \omega f;$$

$$P = b_0 + b_1 V + b_2 \omega + b_3 f + b_{11} V^2 + b_{22} \omega^2 + b_{33} f^2 + b_{12} V\omega + b_{13} Vf + b_{23} \omega f.$$

В результате активных экспериментов необходимо было определить значения коэффициентов $a_0, a_1, \dots, a_{23}; b_0, b_1, \dots, b_{23}$.

Был составлен план активных экспериментов. Исходя из возможностей станка с числовым программным управлением (ЧПУ) и свойств материала для фрезерования определено минимальное, максимальное и среднее значение скоростей подачи V и резания ω :

$$V_{min}=500=(-1); \quad V_{max}=2500=(+1); \quad V_{cp}=\frac{V_{max}+V_{min}}{2}=\frac{500+2500}{2}=1500=(0);$$

$$\omega_{min}=10000=(-1); \quad \omega_{max}=2500000=(+1); \quad \omega_{cp}=\frac{\omega_{max}+\omega_{min}}{2}=\frac{10000+25000}{2}=17500=(0).$$

Результаты лабораторных активных экспериментов по фрезерной обработке заготовок из древесноволокнистой плиты средней плотности (МДФ) представлены в табл. 1. Эксперименты с 1 по 8 считаются опытами центрального композиционного плана, с 9 по 12 – опытами в центре эксперимента. Влажность экспериментальных образцов МДФ была различной.

По результатам, представленным в табл. 1, определены математические модели зависимости показателей шероховатости от скорости подачи, скорости резания и влажности материала. Коэффициенты математических моделей R_a даны в табл. 2. Например, показатель шероховатости для диаметра фрезы 6 мм определяется математической моделью вида:

$$R_a = -150,4367106 + 0,088958 V - 0,0025595 \omega + 35,451658 f - 0,000000041 \omega^2 + \\ 0,000002634 V\omega - 0,022162427 Vf$$

Для определения оптимальных значений скорости подачи и резания составим системы дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial R_a}{\partial V} = a_1 + 2a_{11}V + a_{12}\omega + a_{13}f = 0;$$

$$\frac{\partial R_a}{\partial \omega} = a_2 + 2a_{22}V + a_{12}\omega + a_{23}f = 0.$$

Номер заготовки	Скорость подачи V , м/мин	Скорость резания ω , об/мин	Влажность f , %	Диаметр фрезы, мм	Показатели шероховатости			Производительность P , сек
					R_{max} , мкм	R_z , мкм	R_a , мкм	
1	+1	+1	7	6	74,6	42,0	6,33	27
				4	106,0	60,9	10,00	
				8	56,0	47,8	8,51	
2	+1	-1	5	6	57,39	39,54	8,133	27
				4	49,90	46,97	9,134	
				8	51,09	40,19	7,850	
3	-1	+1	7	6	49,21	42,71	7,161	53
				4	52,05	56,75	8,05	
				8	63,54	51,35	10,534	
4	-1	-1	5,5	6	94,28	58,22	11,507	53
				4	56,78	40,25	7,813	
				8	54,29	41,03	8,010	
5	0	0	5	6	39,78	29,08	5,074	29
				4	58,64	40,67	7,435	
				8	52,55	47,68	9,489	
6	+1	0	6	6	82,25	53,08	10,269	27
				4	49,66	41,22	7,992	
				8	60,53	50,48	9,776	
7	0	-1	6	6	43,66	34,14	6,164	29
				4	63,45	45,12	7,740	
				8	88,50	60,16	8,743	
8	0	+1	6	6	46,13	35,79	6,257	29
				4	44,71	32,55	5,858	
				8	51,60	42,36	7,687	
9	0	0	8	6	81,6	64,1	12,53	29
				4	124,8	73,0	11,78	
				8	102,3	60,0	10,84	
10	0	0	6,5	6	77,52	50,76	8,137	29
				4	96,4	60,5	9,73	
				8	63,39	41,03	7,246	
11	0	0	6	6	88,4	55,9	9,58	29
				4	83,5	61,7	13,75	
				8	50,4	43,9	8,38	
12	0	0	5,5	6	39,01	29,55	6,047	29
				4	65,57	60,83	10,700	
				8	57,37	46,44	8,555	

Результаты проведения активных экспериментов

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты математических моделей R_a

Коэффициенты математической модели R_a	Фреза 4 мм	Фреза 6 мм	Фреза 8 мм
a_0	6,1324946280	-150,436710668	120,41492471
a_1V	0,0020543833	0,088958117	-0,07810575
$a_2\omega$	0	-0,002559524	0,00494493
a_3f	0	35,451658444	-30,89349121
$a_{11}V^2$	-0,0000007148	0	0,00000428
$a_{22}\omega^2$	-0,0000000672	-0,000000041	0
$a_{33}f^2$	-0,4274425571	0	1,00699017
$a_{12}V\omega$	0	0,000002634	-0,00000196
$a_{13}Vf$	0	-0,022162427	0,01616237
$a_{23}\omega f$	0,0003727058	0	-0,00034707

Оптимальная скорость подачи и резания определяется для каждого значения влажности материала.

Значения оптимальной скорости подачи, резания для определённой влажности обрабатываемого материала представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Оптимальные значения скорости подачи и резания инструмента в зависимости от влажности заготовки из МДФ

Влажность f , %	Фреза 4 мм		Фреза 6 мм		Фреза 8 мм	
	Скорость подачи V , м/мин	Скорость резания ω , об/мин	Скорость подачи V , м/мин	Скорость резания ω , об/мин	Скорость подачи V , м/мин	Скорость резания ω , об/мин

5	1,150	13866	1,230	8297	1,423	8532
5,1	1,174	14142	1,256	9138	1,442	9280
5,2	1,198	14420	1,282	9979	1,459	10027
5,3	1,222	14697	1,308	10821	1,477	10774
5,4	1,247	14975	1,335	11662	1,494	11521
5,5	1,271	15252	1,361	12504	1,512	12269
5,6	1,295	15529	1,387	13345	1,53	13016
5,7	1,319	15807	1,413	14187	1,547	13763
5,8	1,343	16084	1,439	15028	1,565	14510
5,9	1,368	16361	1,466	15859	1,582	15258
6,0	1,392	16638	1,492	16710	1,600	16005
6,1	1,416	16916	1,518	17552	1,618	16752
6,2	1,440	17193	1,544	18394	1,636	17500
6,3	1,465	17471	1,571	19235	1,653	18246
6,4	1,489	17747	1,597	20076	1,671	18994
6,5	1,513	18025	1,623	20918	1,689	19742
6,6	1,537	18303	1,649	21759	1,707	20489
6,7	1,561	18580	1,675	22601	1,724	21236
6,8	1,586	18857	1,702	23442	1,742	21983
6,9	1,609	19134	1,727	24283	1,760	22731
7,0	1,634	19412	1,754	25124	1,778	23478

Оценим графически зависимость скорости подачи и резания от влажности материалов для фрез трёх диаметров (рис. 3, 4).

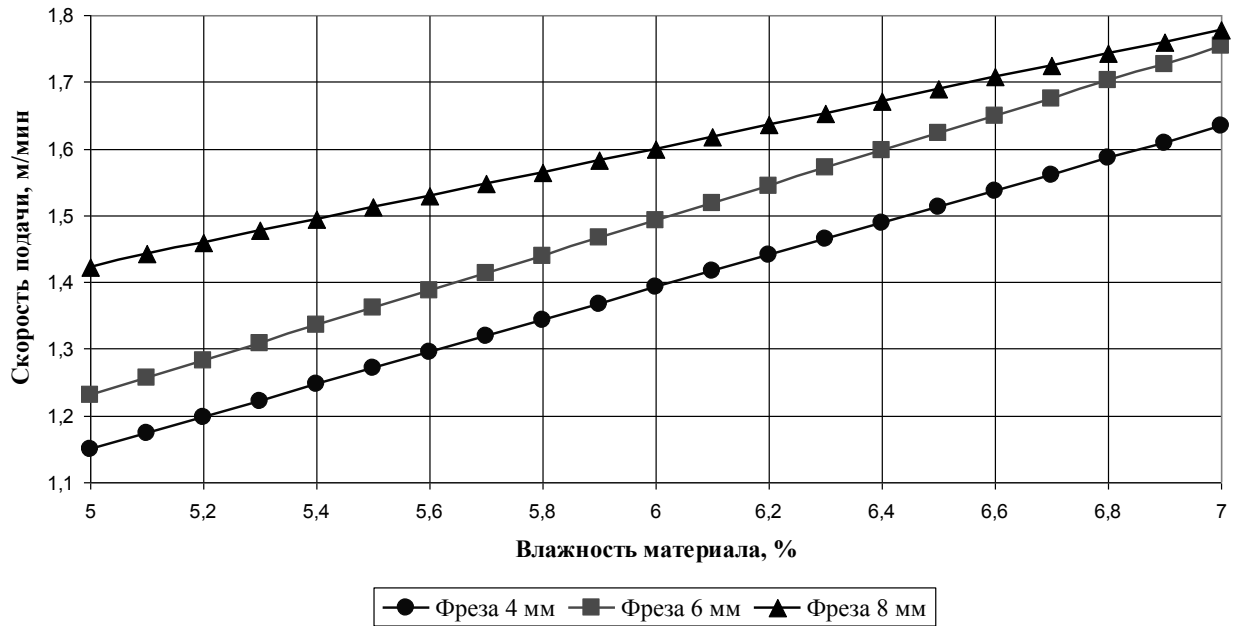


Рис. 3. Выбор скорости подачи в зависимости от влажности материала

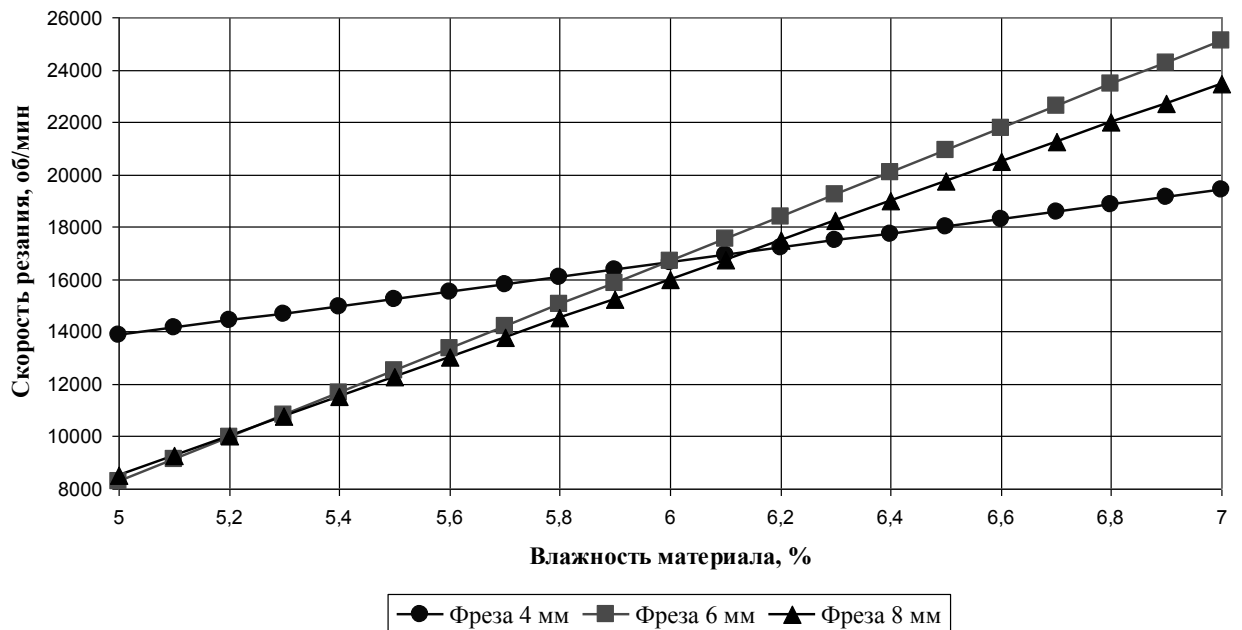


Рис. 4. Выбор скорости резания в зависимости от влажности материала

Из рис. 3, 4 следует, что при увеличении влажности МДФ необходимо увеличивать скорость подачи фрезы и скорость резания.

Полученные целевые функции позволяют быстро и безошибочно осуществлять фрезерную обработку исследуемых материалов и могут быть использованы при создании

управляющей программы для станка с ЧПУ по методике, представленной в соответствующей статье авторов [5]. Наиболее важные параметры при фрезеровании, такие как скорость резания и подачи инструмента теперь могут быть заданы технологом точно на основе расчётов, полученных в данной статье.

Библиографические ссылки

- 1. Анурьев В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 Т. / Под ред. И. Н. Жестковой. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. 2640 с.
- 2. Мохаммед Хайдер А. Аббас, Петровский В.С., Грибанов А.А.** Автоматизация процесса обработки двумерных изображений при создании новых проектов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2013. Т. 9, № 1. С. 36 – 39.
- 3. Мохаммед Хайдер А. Аббас, Петровский В.С., Грибанов А.А.** Исследование и разработка процесса фрезерования декоративных элементов мебели на станках с ЧПУ // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. Сер. Инновационная экономика: человеческое измерение. 2012. № 2 (53). С. 53 – 55.
- 4. Грибанов А.А., Мохаммед Хайдер А. Аббас.** Системный анализ процесса фрезерования декоративных элементов мебели и его оптимизация // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: материалы 12 международной научно-технической конференции, 1-30 ноября 2013 г. Брянск: БГИТА, 2013.
- 5. Мохаммед Хайдер А. Аббас, Петровский В.С., Грибанов А.А.** Методика автоматической векторизации узора декоративного элемента мебели и разработки программы для станка с ЧПУ по гравировке его контура // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. 2013. № 1. С. 142 – 146.

