

Это позволяет при постоянной длине изменять скорость резания и подачи (2).

Измерение сил резания и подачи осуществляется известными способами. Предварительные опыты показали, что усилие резания на одном резае составляет около 40 кг.

Использование разработанной конструкции диска будет способствовать более широкому внедрению брусующе-рубительных машин.

Л и т е р а т у р а

1. Н. М. Вальшиков. Рубительные машины. Л., 1970.

2. J. Podkowiński. Przeglad, Porownanie i Ocena Rebaków do Rozdrabniania Drewna na Zrebki.—
Przeglad Papierniczy, 1967, № 11.

3. E. Agren. Modern wood and chipping equipment.—

Мат-лы симпозиума "Технический прогресс в ЦБП", Лодзь, 1966.

А. Г. Лахтанов, А. П. Клубков, А. П. Фридрих

К РАСЧЕТУ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ ПРОДОЛЬНО- ФРЕЗЕРУЮЩИХ СТАНКОВ С УЧЕТОМ ЗАТУПЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ

На режимы механической обработки древесины и древесных материалов оказывают влияние различные факторы, которые можно разделить на следующие группы [3]:

- 1) факторы, характеризующие обрабатываемый материал;
- 2) факторы, характеризующие состояние дереворежущего инструмента;
- 3) факторы, отражающие качественные характеристики процесса обработки;
- 4) факторы, характеризующие состояние станка.

Установление взаимосвязи между всеми, приведенными выше группами факторов,—одна из основных и наиболее трудных задач оптимизации режимов механической обработки древесины.

Анализ влияния всех групп факторов на процесс механической обработки древесины позволяет сделать вывод, что можно

найти скорости резания и подачи, угловые и линейные параметры инструмента, а также его стойкость, которые обеспечили бы высокую производительность оборудования и наилучшее качество обработанной поверхности при минимальной себестоимости обработки.

Поэтому при разработке режимов резания для конкретного станка или определенной технологической операции, необходимо решить следующие три задачи:

1) разработать режимы обработки, обеспечивающие минимальные затраты на обработку детали, при условии что на производительность станка не накладываются никакие ограничения;

2) разработать режимы обработки, обеспечивающие максимальную производительность, без каких-либо ограничений;

3) разработать режимы обработки, обеспечивающие минимум себестоимости обработки, при заданной производительности.

Из приведенных трех вариантов задач третья наиболее полно отражает процесс резания и должна применяться в поточном производстве. Первые две в основном относятся к изолированному станку или технологической операции и не учитывают потери времени организационного характера [2].

Исследования некоторых процессов механической обработки древесины показали, что себестоимость затрат на электроэнергию, расходуемую на осуществление привода главного и вспомогательного движений, относительно невелика.

Так, например [3], при сверлении древесностружечных плит доля этих затрат составляет около 1%, при черновом шлифовании — 1,8, при точении — 2, и лишь при пилении дисковыми пилами — около 10%.

Эти данные говорят о том, что имеющиеся в теории резания древесины расчетные формулы силовых параметров [1], несмотря на их относительную приближенность, могут быть использованы для расчета силовых и энергетических характеристик деревообрабатывающих станков.

Доля затрат, приходящихся на осуществление качественной и производительной обработки древесины и древесных материалов, подготовку инструмента к работе, велика.

Так, при сверлении древесностружечных плит эти затраты равны 74%, при черном шлифовании — 84, при точении — 72 и при пилении дисковыми пилами — 23% [3].

Поэтому вопросам качественной подготовки дереворежущего инструмента должно быть уделено первостепенное внимание. В первую очередь это относится к качественной и своевременной

заточке инструмента, так как качество подготовки инструмента сказывается не только на качестве обработки, но и на силовых и энергетических характеристиках.

Однако следует иметь в виду, что режущие инструменты после заточки сохраняют первоначальный радиус затупления в течение короткого промежутка времени и практически резание протекает при значительных радиусах затупления и малых толщинах стружек.

Поэтому данные о затратах на электроэнергию, приведенные в работе [3], видимо, занижены, так как они определены при острых резцах.

Современная деревообрабатывающая промышленность еще не располагает достаточными данными для расчета силовых и качественных характеристик деревообрабатывающих станков и дереворежущего инструмента с учетом затупления.

Влияние степени затупления инструмента на силовые характеристики наиболее полно разработано в работе [1].

Обработка древесины затупленным инструментом вызывает дополнительный расход мощности на резание и подачу, а следовательно, и доля затрат на эти расходы увеличится. В то же время значительно ухудшается качество обработанной поверхности.

Поэтому при разработке режимов резания необходимо определить такие параметры, которые обеспечили бы максимальную производительность при наилучшем качестве обработки.

Для определения энергозатрат при фрезеровании древесины можно воспользоваться следующими формулами:

$$N = \frac{1}{60 \cdot 102} \left(K + \frac{\alpha_p P_3 \sqrt{D}}{u_z \sqrt{h}} \right) b h U ; \quad (1)$$

$$N = \frac{1}{60 \cdot 102} \left(8P_3 + K \right) + \frac{(\alpha_p - 0,8) P_3 \sqrt{D}}{u_z \sqrt{h}} b h U . \quad (2)$$

В теории резания [1] толщины стружек условно подразделяют на тонкие — "микро" и толстые — "макростружки", что обусловило разработку двух структур формул.

Решая уравнения (1) и (2), относительно скорости подачи U , получим:

$$U = \frac{60 \cdot 102 N}{K b h} - \frac{\alpha_p P_3 \sqrt{D} z n}{10^3 \sqrt{h} K} ; \quad (3)$$

$$U_M = \frac{60 \cdot 102 N}{K_M b h} \frac{(\alpha_p - 0,8) P_z z n \sqrt{D}}{10^3 K_M \sqrt{h}} \quad (4)$$

Значения P_z , K , K_M , входящие в формулы (3) и (4), получены на основании наших исследований по фрезерованию сосны и имеют следующие значения:

$$P_z = 0,013 \delta - (0,72 - 0,02 \theta); \quad (5)$$

$$K = 0,023 \delta - (2 - 0,16 \theta); \quad (6)$$

$$K_M = 8P_z + K. \quad (7)$$

В формулах (3) и (4) коэффициент α_p , учитывающий затупление инструмента, входит только во второе слагаемое, первое же слагаемое от α_p не зависит, а ширина фрезерования b входит только лишь в первое слагаемое.

Поэтому вначале можно определить скорость подачи U для острых резцов при $\alpha_p = 1$, а затем, чтобы учесть затупление, необходимо вычислить второе слагаемое при соответствующем значении $\alpha_p > 1$ и произвести вычитание.

Для расчета скорости подач имеем две формулы (3) и (4), одна для "макро", другая для "микростружек". Следует установить, какой формулой можно пользоваться, т.е. в каких случаях будет получаться при резании микростружка. Для острых резцов ($\rho = 5-10$ мкм) принимают среднюю толщину стружки меньше 0,1 мм за "микростружку". Такое деление объясняется тем, что на участке зависимости $\rho = f(\epsilon)$ при $\epsilon \leq 0,1$ мм угол наклона касательной к кривой $\rho = f(\epsilon)$ больше, чем при $\epsilon > 0,1$ мм.

Тогда с учетом сказанного можно определить так называемую "критическую" скорость подачи из соотношения

$$U_z \sin \theta_{cp} \leq 0,1.$$

Выразив подачу на нож через U , получим

$$U_{кр} \leq \frac{0,1 \cdot z n \sqrt{D}}{10^3 \sqrt{h}}. \quad (8)$$

Таким образом, если скорость подачи, определенная по формуле (3), окажется меньше $U_{кр}$, то в этом случае будет отделяться "микростружка", и расчет следует произвести по формуле (4).

Таблица 1

Независимые переменные факторы	Высота припуска h , мм		
	2	4	6
Зависимые переменные факторы			
$\sin \theta_{cp} = \sqrt{\frac{n}{D}}$	0,13	0,18	0,21
θ ср.град.	$7^{\circ}30$	$10^{\circ}30$	13°
P_3 , кг/мм (5)	0,15	0,21	0,26
K_1 , кг/мм ² (6)	0,46	0,82	1,12
K_M , кг/мм ² (7)	1,66	2,5	3,2
$U_{кр}$, м/мин (8)	18,5	13,3	10,8
U при $\alpha_p = 1$	$\frac{26 \cdot 10^3}{b} - 61$	$\frac{7,3 \cdot 10^3}{b} - 34$	$\frac{3,6 \cdot 10^3}{b} - 25$
U_M при $\alpha_p = 1$	$\frac{7,2 \cdot 10^3}{b} - 3,4$	$\frac{2,4 \cdot 10^3}{b} - 2,2$	$\frac{1,3 \cdot 10^3}{b} - 1,8$
U при $\alpha_p = 2$	$\frac{26 \cdot 10^3}{b} - 122$	$\frac{7,3 \cdot 10^3}{b} - 68$	$\frac{3,6 \cdot 10^3}{b} - 50$
U_M при $\alpha_p = 2$	$\frac{7,2 \cdot 10^3}{b} - 20,4$	$\frac{2,4 \cdot 10^3}{b} - 13$	$\frac{1,3 \cdot 10^3}{b} - 10,5$

Примечание. В расчетах принято $z = 4$; $D = 125$ мм;
 $n = 6000$ об/мин; $\delta = 55^{\circ}$; $N = 4$ кет.

В формулах (3), (4), (8) постоянными будут: число ножей, диаметр ножевого вала, мощность привода главного движения, а также число оборотов ножевого вала. Переменными — ширина фрезерования, припуск на обработку, коэффициент затупления инструмента, а также удельная сила и удельное сопротивление резанию.

Расчеты режимов фрезерования для различных припусков на обработку приведены в табл. 1.

Наиболее распространенной шириной обрабатываемой заготовки являются ширины в пределах от 40 до 160 мм. Для этих размеров с градацией через 20 мм и определены скорости подачи для острых и затупленных резцов (табл. 2).

По данным проф. Буглая Б.М., при диаметре фрезы $D=125$ мм по волнообразованию получаем скорости подачи, обеспечивающие требуемый класс шероховатости обработки (табл. 3).

Класс шероховатости поверхности ниже $\sqrt{R} 5$ при фрезерова-

Таблица 2

Независимые переменные факторы	Ширина фрезерования b , мм						
	40	60	80	100	120	140	160
Зависимые переменные факторы							
U , м/мин при $\alpha_p=1$	589	372	264	199	156	125	101
U , м/мин при $\alpha_p=2$							
$h=2$ мм	528	311	203	138	95	64	40
$h=4$ мм	148	88	58	39	27	18	12,8*
U , м/мин при $\alpha_p=1$				*	*	*	*
U , м/мин при $\alpha_p=2$	114	54	24	11	7	4	2
$h=6$ мм	65	35	20	11,2*	9,2*	7,5	6,3
U , м/мин при $\alpha_p=2$	40	11,5	5,5	2,5	0,5	-	-

* Так как скорость подачи, подсчитанная по формуле (3), получилась меньше критической (см. табл. 1), то произведен перерасчет по формуле (4).

Класс шероховатости
▽ 5

▽ 5

▽ 7

▽ 8

▽ 9

Скорость подачи U ,
м/мин

72

60

33

24

нии не допускается. Следовательно, максимально возможная скорость подачи, обеспечивающая пятый класс шероховатости обработки, должна быть меньше 72 м/мин. В этом случае на скорость подачи накладывается ограничение по волнообразованию. Если в результате расчета получим $U > 72$ м/мин, то для обеспечения класса шероховатости ▽ 5 и выше необходимо принять $U = 72$ м/мин, хотя в этом случае мощность привода будет использована не полностью.

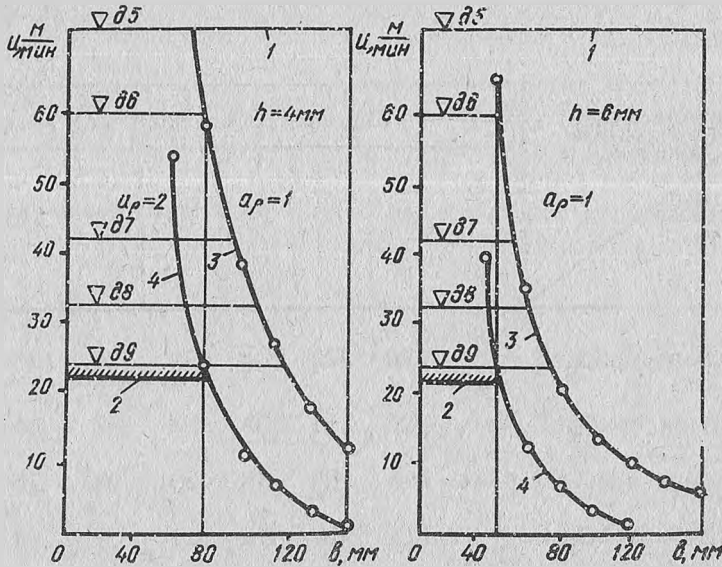


Рис. 1. Графики оптимальных скоростей подач:
1 — ограничение U по волнообразованию; 2 — ограничение U по ворсу;
3 — ограничение U по мощности;
4 — ограничение U по затуплению.

На основании табл. 1, 2, 3 построены графики скоростей подач (рис. 1) с учетом мощности привода, степени затупления инструмента и качества обработанной поверхности. Кроме неровностей обработки в виде кинематических волн, на обработанной поверхности могут иметь место и другие виды неровностей. Наиболее характерными являются ворсистость и мшистость. Эти виды неровностей образуются в пределах кинематической волны. Мшистость и ворсистость наблюдаются на поверхностях, обработанных затупленным инструментом при больших подачах на резец.

Как показали наши исследования, при радиусе затупления инструмента $\rho \gg 30$ мкм и подаче на резец $U_2 > 3,6$ мм, на обработанной поверхности образуется ворс.

В связи с этим можно установить предельную скорость подачи для затупленного инструмента.

$$U_{\text{пред}} = \frac{U_2 z n}{10^3} = \frac{3,6 \cdot 6000 \cdot 1}{1000} = 22 \text{ м/мин.}$$

Расчеты скорости подачи, приведенные по мощности привода, могут оказаться значительно выше, чем это гарантируется качеством обработки.

Для повышения производительности оборудования без ущерба для качества обработки необходимо организовать заточку инструмента таким образом, чтобы к концу упряга радиус затупления инструмента был бы меньше 30 мкм. Это даст возможность вести расчет режимов фрезерования только по волнообразованию.

Л и т е р а т у р а

1. А. Л. Бершадский. Расчет режимов резания древесины, М., 1967, № 10.
2. А. М. Гильман и др. Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках. М., 1972.
3. А. А. Пижурин. Основы оптимизации механической обработки древесины. М., 1973.

А. Г. Лахтанов, В. И. Микулинский, Н. В. Бурносов

ГЕОМЕТРИЯ РЕЗЦОВ БРУСУЮЩЕ-РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Брусующе-рубительные машины предназначены для однопроходной переработки круглых лесных материалов на брус и тех-