
А. Л. БЕРШАДСКИЙ
профессор доктор техн. наук

К ВОПРОСУ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКОВ

В совместной статье с начальником специального конструкторского технологического бюро по проектированию деревообделочных станков инж. К. Ф. Гусевым нами был поставлен вопрос о новом принципе в конструировании деревообделочных станков с изменяемым числом оборотов рабочего вала (механизма резания), в зависимости от размеров обработки. В частности, в статье был затронут вопрос о повышении производительности круглопильных станков и была показана возможность повысить против существующего производительность на 150—250% и больше при увеличении высоты пропила.

Аналогичное решение получаем по всей группе фрезерно-строгальных станков.

Как при увеличении припуска, так и при увеличении ширины обработки приходится, при постоянном числе оборотов рабочих шпинделей, значительно снижать производительность. Вместе с тем, сохраняя тот же качественный норматив подачи на зуб s , но соответственно уменьшая число оборотов до предела допустимого, получаем значительный рост производительности.

Привожу таблицу результатов рекогносцировочных исследований, проведенных на фрезерном станке в лаборатории кафедры студенческим кружком¹.

¹ Работу выполняли студенты факультета МТД гг. Кузинец, Вайсман и Гурвич.

№ опыта	Подача на нож c	Ширина фрезерова- ния b	Припуск h	Мощность на резание N	Скорость резания v	Скорость подачи u	% отличия
1	4 мм	20 мм	2,6	0,34	99	25,6	100
2	0,8 мм	40 мм	2,6	0,34	99	5,1	20
3	4 мм	40 мм	2,6	0,34	71	18,4	72

Из таблицы видно, что увеличение вдвое ширины фрезерования при той же скорости и мощности резания привело к снижению подачи в 5 раз (опыт № 2). В то же время по опыту № 3, где изменили число оборотов рабочего шпинделя, скорость подачи u уменьшилась в $25,6 : 18,4 = 1,4$, т. е. в опыте № 3 производительность увеличилась против опыта № 2 в 3,6 раза. Это же дает и наша расчетная формула:

$$N = \frac{k' \cdot z \cdot b \cdot h \cdot (a_v \cdot v) \cdot c^{1-m}}{100 \cdot \pi D \cdot \sin^m \Theta},$$

где:

N — мощность резания в $квт$;

k' — удельная работа в $кгм/см^3$ при толщине стружки 1 мм;

b — ширина фрезерования;

h — припуск на фрезерование;

v — скорость резания;

c — подача на нож;

$m \approx 0,5$ — показатель степени;

D — диаметр окружности резания;

Θ — угол встречи.

a_v — коэффициент, учитывающий влияние скорости резания;

При	= 1	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
= 1,0	1,2	1,3	1,4	1,45	1,30	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	
= 1	6	13	21	29	39	48	60	78	98	120	144	170	

Сохраняя N, V , а следовательно и a_v , постоянным, получим из формулы (1) при разной ширине фрезерования b_1 и b_2

$$C_2^{0,5} = \frac{b_1}{b_2} \cdot C_1^{0,5},$$

что при $b_1 = 20$, $b_2 = 40$ и $c_1 = 4$ мм даст или $c_2 = 1$ мм, или при том же числе оборотов $u_2 = 0,25 u_1$. Если же сохранять $c_1 = const$, а менять скорость резания v , то получим

$$a_2 \cdot v_2 = \frac{b_1}{b_2} \cdot a_1 \cdot v_1.$$

Если $v_1 = 99$ м/сек, то $a_1 \cdot v_1 = 168$

и $a_2 \cdot v_2 = 0,5 \cdot 168 = 84$,

откуда $v_2 = 62$ м/сек, т. е. при $c_1 = const$

$$u_3 = \frac{62}{99} u_1 = 0,63 u_1.$$

Таким образом, против опыта № 2 производительность возросла. Отклонения по расчету незначительно разнятся от опытных данных. Попутно отметим, что из формулы (1) виден еще второй путь увеличения производительности. Если, например, взять $z = 2$, то, увеличивая h с 20 мм до 40 мм, т. е. вдвое, и сохраняя n и c , получим ту же мощность, но при этом скорость подачи снизится на 50% вместо 80% по опыту № 2, т. е. получим против случая № 2 рост производительности в 2,5 раза при том же качественном нормативе c .

Приведем пример, показывающий возможности увеличения производительности на паркетном станке — парк 1.

Станок располагает $N = 2,2$ квт и скоростями подач $u = 6 - 9 - 12 - 18,2$ м/мин.

Не касаясь в данном случае вопроса об изменении числа оборотов, что является задачей, которую без соответствующей модернизации станка достичь нельзя, остановимся на возможностях увеличения производительности за счет изменения числа ножей. Необходимо помнить, что, в связи с практической невозможностью установки и заточки ножей так, чтобы их лезвия лежали на одной окружности резания, в волнообразовании участвует только один нож. При $D = 180$ мм и длине волны $c_b = 6$ мм глубина ее равна 0,04 мм, а при $c_b = 44$ мм глубина волны 0,023 мм,

где:

$$C_b = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{c_b}{2}\right)^2}.$$

Вместе с тем даже при заточке суппортным точным аппаратом на шпинделе можно достичь точности установки 0,06—0,1 мм (опыты доктора технических наук Ф. М. Манжос). Даже при фуговке лезвия возможно достичь средней точности установки ножей около 0,04 мм, при которой все же в волнообразовании будет участвовать только один нож.

Наши исследования в 1943 г. на лесозаводе № 3 в Архангельске, проведенные на четырехстороннем строгальном станке при суппортной заточке ножей и их подфуговке при скорости подачи 45 м/мин, при числе ножей $z = 8 - 4 - 2$ и 1 (второй нож был для баланса утоплен в ножевой головке); показали, что длина волн во всех случаях была одна и та же, т. е. работал один нож. Тот же результат ранее дали наблюдения Ф. М. Манжоса и Ф. Н. Масленкова. Следовательно, стружку снимают все ножи, а на уровне образования волн работает только один нож, т. е. длина волны $c_b = \frac{1000}{n}u$, а подача на нож $c = \frac{1000}{z \cdot n}u$.

Американская практика (Вуудс К°) дает следующие рекомендации для качественной строжки:

сухая сосна 12 ударов на дюйм,
сухой дуб 16 ударов на дюйм.

При четырех ножах длина волны будет:

$$\text{для сосны } \frac{25}{12} \cdot 4 = 8 \text{ мм},$$

$$\text{для дуба } \frac{25}{16} \cdot 4 = 5,6 \text{ мм}.$$

Интересно сопоставить рекомендации кандидата технических наук Н. А. Кряжева (Московский лесотехнический институт) для предельного значения длины волны при условии качественного фрезерования

$$C_b = 0,53 \sqrt{D} = 7,2 \text{ мм}.$$

При этом необходимо отметить, что на качество поверхности не отразилось влияние скорости резания в пределах опытов 14—50 м/сек.

Кандидат технических наук М. М. Козел (Белорусский лесотехнический институт) пришел к тем же выводам при амплитуде $v = 30 - 89 \text{ м/сек}$.

Длина волны и острота резцов — вот те основные факторы, которые влияют на чистоту фрезерования.

С учетом изложенного установим возможности повышения производительности станка парк 1 (или при многоножевых валах вообще строгально-фрезерных станков).

Конструктивное разрешение вопроса изменения числа оборотов рабочих шпинделей с изменением размеров обработки является самостоятельным резервом повышения производительности.

По формуле (1) при $k' = 2,25 \text{ кг м/см}^3$, $z = 4$, $b = 40 \text{ мм}$, $h = 2,5 \text{ мм}$, $v = 28 \text{ м/сек}$ и $a_v \cdot v = 36$, $D = 180 \text{ мм}$, $N = 2,2 \text{ квт}$, $m \approx 0,5$ — получаем $c^{0,5} = 1,48$, или $c = 2,2$, откуда возможная скорость подачи

$$u = \frac{c \cdot z}{1000} = \frac{2,2 \cdot 4 \cdot 3000}{1000} = 26,4 \text{ м/мин}.$$

Но при $c = 2,2$ длина волны $c_b = 2,2 \cdot 4 = 8,8 \text{ мм}$, что с качественной стороны недопустимо.

Принимая для дуба $c_{\text{полюн макс.}} = 6 \text{ мм}$, получаем допустимую подачу на нож $c = 1,5 \text{ мм}$ и $u_1 = 1,5 \cdot 4 \cdot \frac{3000}{1000} = 18 \text{ м/мин}$.

Станок этой скоростью располагает.

При переходе на ширину фрезы $b_2 = 80 \text{ мм}$ получаем из формулы (1) $c_2 = 0,55 \text{ мм}$; т. е.

$$u_2 = \frac{0,55 \cdot 4 \cdot 3000}{1000} = 6,6 \text{ м/мин}.$$

Станок располагает скоростью подачи 6 м/мин . На производстве размер фрезы в 80 мм и обрабатывается со скоростью $u_2 = 6,6 \text{ м/мин}$. Но если мы снимем два ножа (или утопим их), то получим $c = 1,5 \text{ мм}$ и

$$u_3 = 1,5 \times 2 \cdot \frac{3000}{1000} = 9 \text{ м/мин}.$$

Станок этой скоростью располагает. Следовательно, производство располагает возможностью повысить производительность без каких бы то ни было затрат и без снижения качества.

Производство может без труда проверить в широких масштабах эту рекомендацию.
