

И. С. КУГЕЛЬ

НОМОГРАФИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ПРОДОЛЬНО-ТОРЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

В сборнике научных трудов Белорусского лесотехнического института (выпуск X, 1957 г.) в статье «Удельная работа резания при фрезеровании дуба и березы» изложена кратко методика проведенной автором экспериментальной работы по исследованию процесса продольно-торцового фрезерования древесины дуба и березы. Там же приведены результаты опытов в виде графиков и обобщенных зависимостей, связывающих некоторые основные факторы режима фрезерования с удельной работой, мощностью и силой резания.

В данной статье приводится номографический расчет удельной работы резания при продольно-торцовом фрезеровании дуба и березы.

В общем виде зависимость удельной работы резания K от средней толщины стружки e , угла резания δ , скорости резания V и угла встречи ψ между направлением вектора скорости резания и направлением волокон древесины выражается следующей эмпирической формулой:

$$K = \frac{A + B \cdot \sin^a \psi}{e^m} = \frac{K'}{e^m}. \quad (1)$$

Коэффициенты A , B и показатели степеней a и m имеют различные значения в зависимости от породы древесины и других вышеперечисленных факторов, а именно:

$$\text{для дуба} \quad A = 0,007 V + 0,029 \delta - 0,732; \quad (2)$$

$$B = 0,035 (v + \delta) - 0,058; \quad (3)$$

$$a = 0,005 V + 0,97 \quad (4)$$

при фрезеровании по направлению волокон;

$$a = 0,007 V + 1,45 \quad (5)$$

при фрезеровании против направления волокон;

$$m = 0,536 - 1,105 \sin \psi - 0,0013 V \quad (6)$$

при фрезеровании по волокнам;

$$m = 0,536 - 0,105 \sin^{3,5} \psi - 0,0013 V \quad (7)$$

при фрезеровании против волокон.

Для березы $A = 0,009 V + 0,036 \delta - 1,359;$ (8)

$$B = 0,015 \delta + 0,035 V + 0,597; \quad (9)$$

$$a = 1,388 - 0,004 V \quad (10)$$

при фрезеровании по волокнам

$$a = 0,008 V + 1,17 \quad (11)$$

при фрезеровании против волокон

$$m = 0,484 - 0,112 \sin^{0,9} \psi - 0,001 V \quad (12)$$

при фрезеровании по волокнам

$$m = 0,484 - 0,112 \sin^{2,7} \psi - 0,001 V \quad (13)$$

при фрезеровании против волокон.

На основе формул (1—13) нами построены номограммы для определения значения величин $A + B \sin^a \psi = K'$ и показателя степени m для разных режимов фрезерования дуба и березы.

Примеры определения значений K' и m при заданных угле встречи ψ , скорости резания V и угле резания δ приведены на номограммах (рис. 1—4).

В целях облегчения процесса вычисления значение e^m при известных значениях величин e и m можно воспользоваться номограммой, приведенной проф. А. Л. Бершадским в «Справочнике номографических расчетов режимов резания». Гослесбумиздат, 1950.

Мощность, затрачиваемая на резание N_p и средняя касательная сила резания P_p , определяются по известным объемным формулам:

$$N_p = \frac{k \cdot b \cdot h \cdot u}{60 \cdot 102} \text{квт}, \quad (14)$$

$$P_p = \frac{k \cdot b \cdot h \cdot u}{60 \cdot V} \text{кГ}, \quad (15)$$

где k —удельная работа резания в кгм/см^3 ;

b —ширина среза, мм;

h —толщина снимаемого слоя, мм;

u —скорость подачи, м/мин;

V —скорость резания, м/сек.

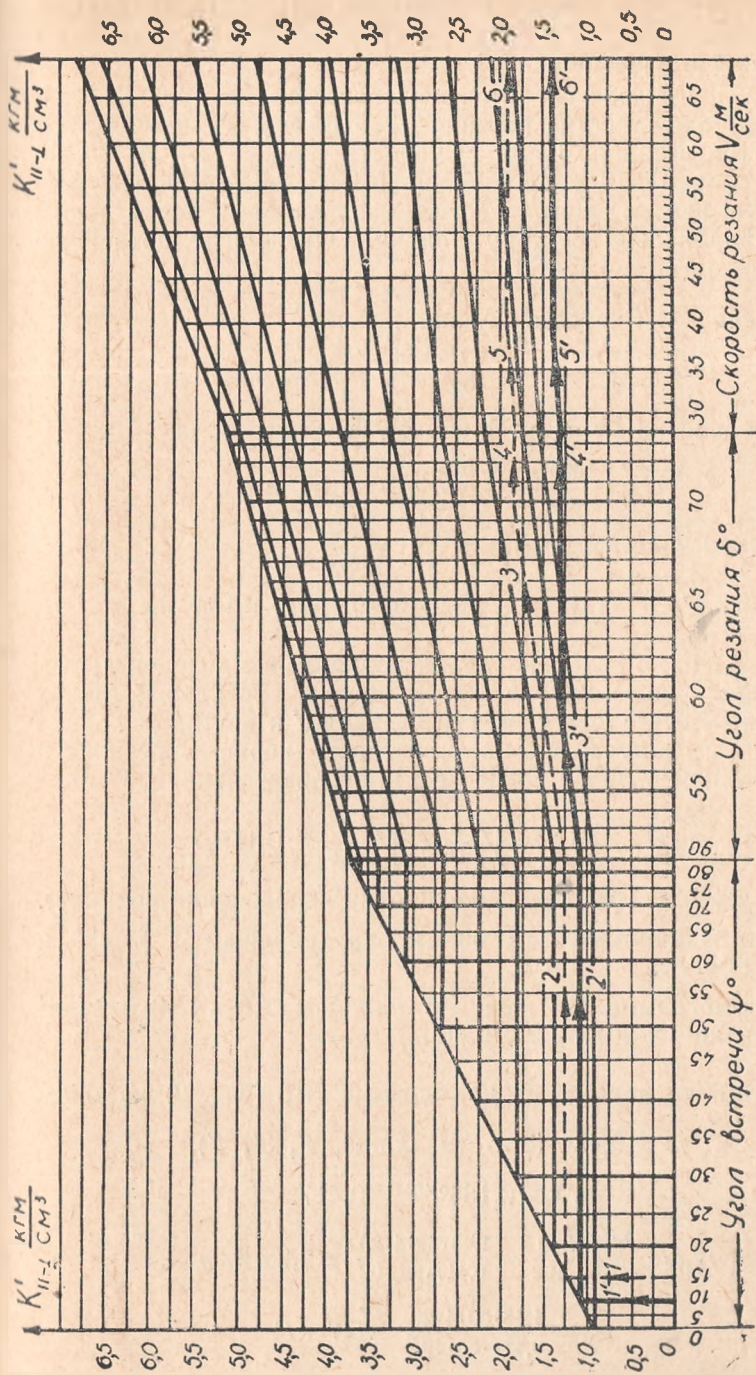


Рис. 1.

Номограмма № 2 для определения K' при фрезеровании против направления волокон древесины. Порода дуб.
 Пример: дано $\psi = 15^\circ$; $\delta = 70$; $V = 40$ м. сек. Определить K' .
 Решение: по стрелке 1—2—3—4—5—6 находим $K' = 1,94 \text{ кгм/см}^3$.

Установленные нами зависимости (1—13) позволяют определять мощность и среднюю силу резания при заданных режимах фрезерования.

Пример 1. Число оборотов ножевого вала $n=4800$ об/мин. Диаметр окружности резания $D=160$ мм. Число резцов $Z=4$. Угол резания $\delta=60^\circ$. Скорость подачи $u=20$ м/мин. Обрабатываемая порода дуб, ширина среза $b=50$ мм. Толщина снимаемого слоя $h=4$ мм. Направление волокон древесины параллельно вектору подачи. Определить потребную мощность на резание N_p .

Решение. 1. Скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,16 \cdot 4800}{60} = 40,2 \text{ м/сек.}$$

2. Подача на резец за 1 оборот ножевого вала

$$C = \frac{1000 \cdot u}{z \cdot n} = \frac{1000 \cdot 20}{4 \cdot 4800} \approx 1,04 \text{ мм.}$$

Средняя толщина стружки

$$e = c \sqrt{\frac{h}{D}} = 1,04 \sqrt{\frac{4}{160}} = 1,04 \cdot 0,158 \approx 0,164 \text{ мм.}$$

3. Так как по условию задачи направление волокон древесины параллельно направлению подачи, то угол Θ между направлением вектора скорости резания V и вектором подачи u равен углу встречи ψ между вектором скорости резания и направлением волокон древесины и, следовательно,

$$\sin \Theta = \sin \psi = \sqrt{\frac{h}{D}} = \sqrt{\frac{4}{160}} \approx 0,158,$$

откуда $\angle \psi = 9^\circ$ (фрезерование против направления волокон).

4. По заданному $\angle \delta = 60^\circ$ и определенным $\angle \psi = 9^\circ$ и $V = 40,2$ м/сек.

По номограмме № 2 (рис. 1) находим $K' = 1,43$ кгм/см³ см. стрелки 1', 2', 3', 4', 5', 6').

По тем же данным на номограмме № 6 (рис. 2) находим

$$m = 0,484 \text{ (см. стрелки 1', 2', 3', 4'),}$$

$$e^m = 0,164^{0,484} = 0,417.$$

$$6. \quad N_p = \frac{k' \cdot b \cdot h \cdot u}{e^m \cdot 60 \cdot 102} = \frac{1,43 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 20}{0,417 \cdot 60 \cdot 102} \approx 2,25 \text{ квт.}$$

$$P_p = \frac{1,43 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 20}{0,417 \cdot 60 \cdot 40,2} \approx 5,7 \text{ кг.}$$

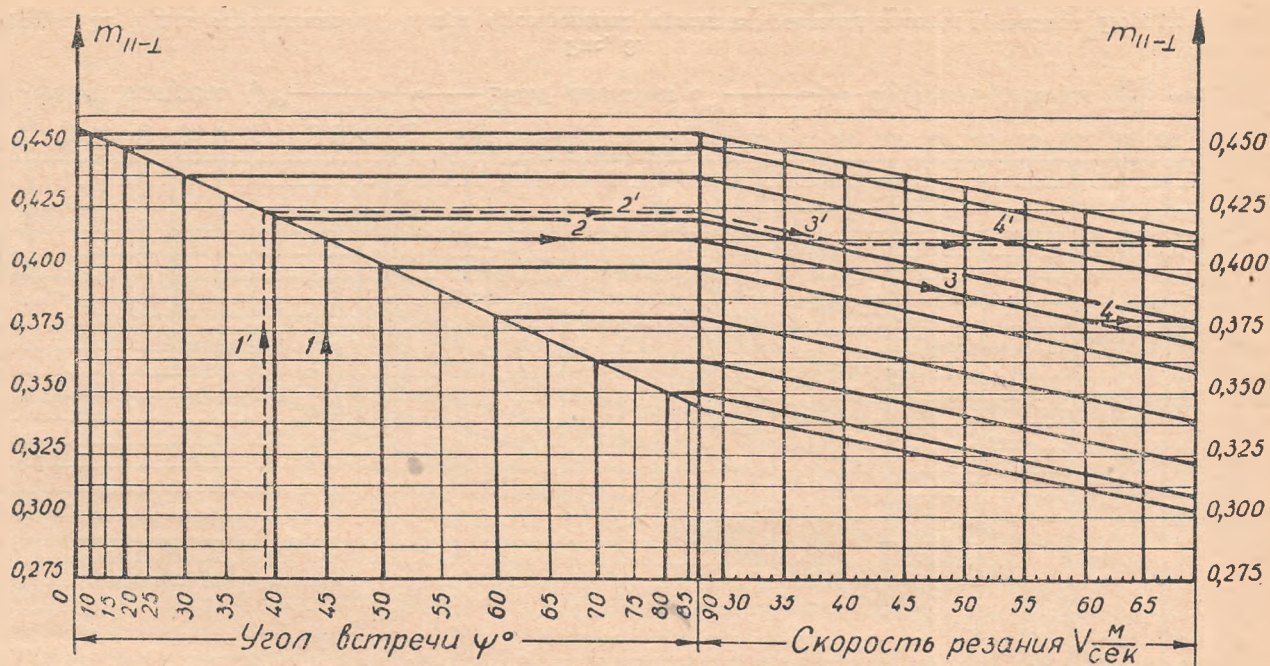


Рис. 2

Номограмма № 6 для определения $m_{||-L}$ при фрезеровании против направления волокна древесины. Порода дуб.
 Пример: дано $\psi = 35^\circ$; $v = 40$ м/сек. Определить m . Решение: по стрелке 1—2—3—4 находим $m = 0,468$.

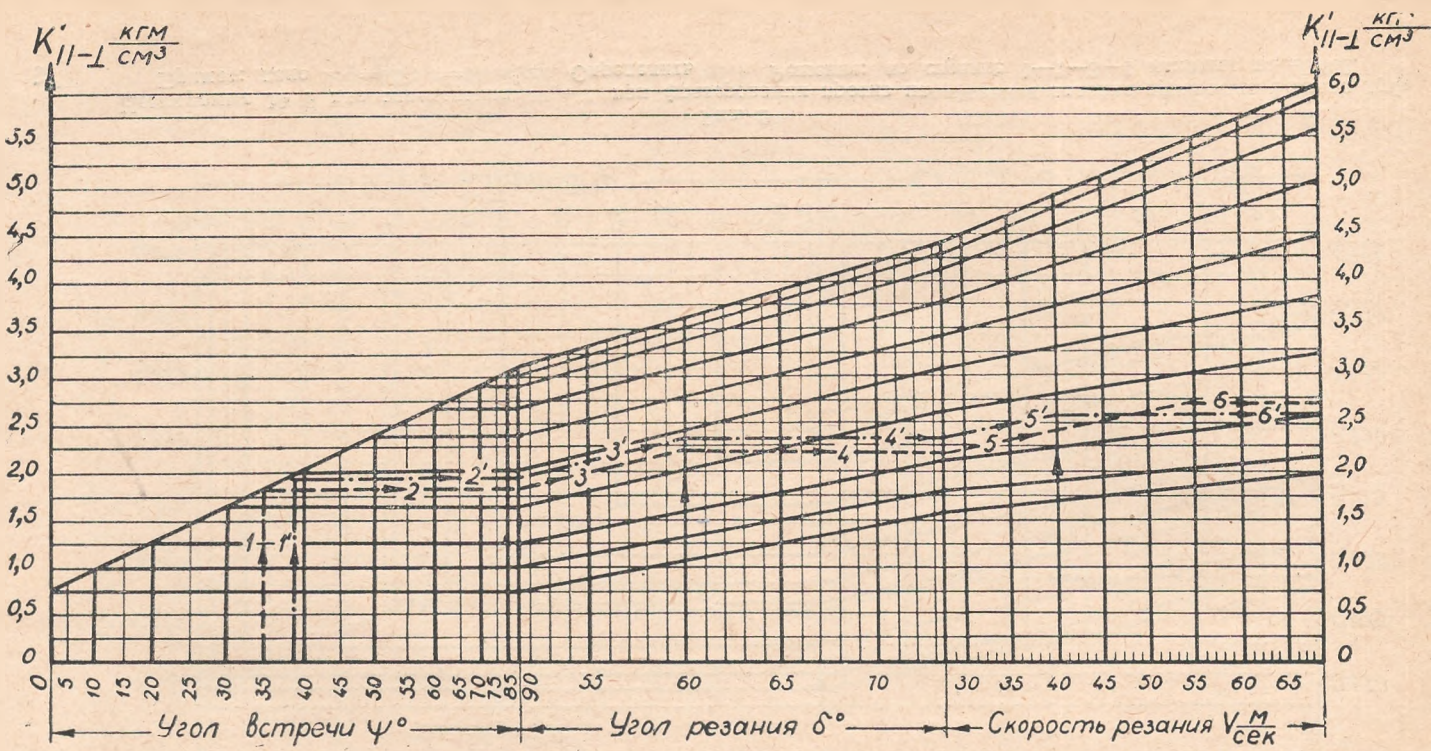


Рис. 3.

Номограмма № 4 для определения $K'_{||-⊥}$ при фрезеровании против направления волокон древесины. Породы береза.
 Пример: дано $\angle\psi=35^\circ$; $\angle\delta=60^\circ$; $v=55 \text{ м/сек}$. Определить K' .
 Решение: по стрелке 1—2—3—4—5—6 находим $K'=2,7 \text{ кг/см}^3$.

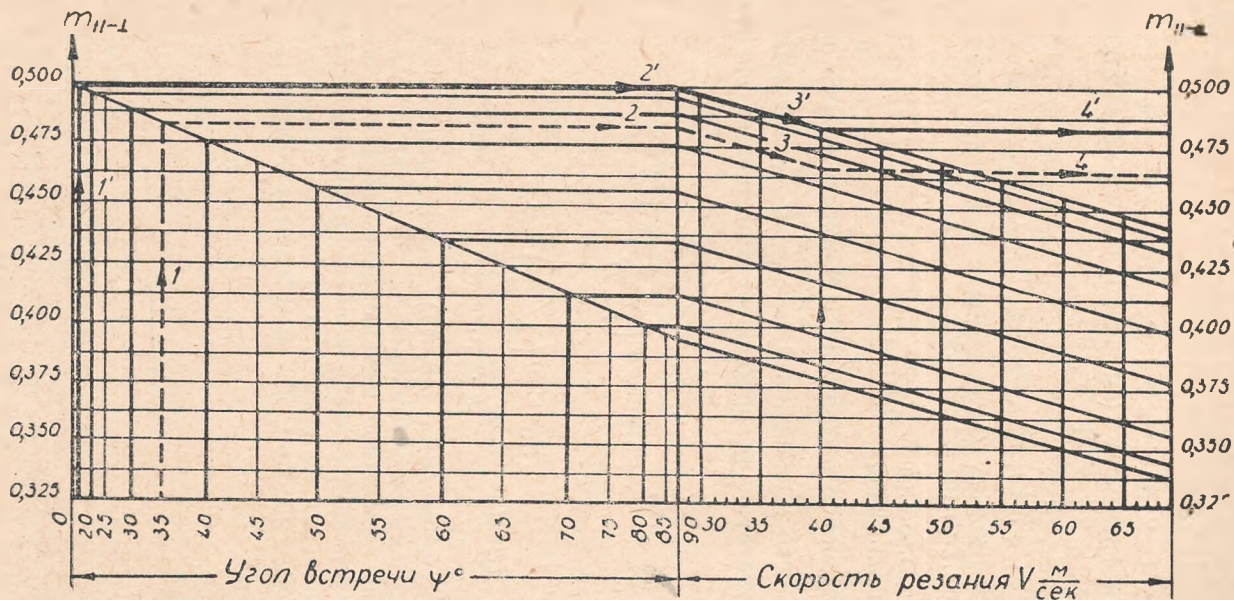


Рис. 4.

Номограмма № 8 для определения K' — при фрезеровании против направления волокон древесины. Порода береза.

Пример: дано $\psi=45^\circ$; $v=60$ м/сек. Определить m .

Решение: по стрелке 1—2—3—4 находим $m=0,38$.

Пример 2. Порода — береза. Угол Θ_1 между направлением волокон древесины и направлением подачи равен 30° (фрезерование против волокон). Остальные условия те же, что и в примере 1. Определить N_p и P_p .

Решение. 1. Угол $\psi = \Theta + \Theta_1 = 9^\circ + 30^\circ = 39^\circ$.

2. По номограмме № 8 (см. рис. 3) находим $K' = 2,60 \text{ кгм/см}^3$ (см. стрелки 1', 2', 3', 4', 5', 6').

3. По номограмме № 8 (рис. 4) находим $m = 0,412$ (см. стрелки 1', 2', 3', 4'); $e^m = 0,164^{0,412} = 0,475$.

$$4. N_p = \frac{2,60 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 20}{0,475 \cdot 60 \cdot 102} \approx 3,6 \text{ квт.}$$

$$5. P_p = \frac{2,60 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 20}{0,475 \cdot 60 \cdot 40,2} \approx 9,10 \text{ кг.}$$

При подстановке в формулу (14) вместо K его значения $K = \frac{K'}{e^m}$ и вместо e значения $e = \frac{1000 \cdot u}{z \cdot n} \sqrt{\frac{h}{D}}$ формула (14) после соответствующих преобразований примет следующий вид:

$$N_p = \frac{k' \cdot b \cdot h \cdot u^{1-m} \cdot z^m \cdot n^m}{6 \cdot 10^{3(1+m)} \left(\sqrt{\frac{h}{D}} \right)^m} \text{ квт,} \quad (16)$$

откуда

$$U^{1-m} = \frac{6 \cdot 10^{3(1+m)} \left(\sqrt{\frac{h}{D}} \right)^m \cdot N_p}{k' \cdot b \cdot h \cdot z^m \cdot n^m} \frac{\text{м}}{\text{мин.}} \quad (17)$$

Пользуясь формулами (16, 17), можно решать обратные задачи, т. е., задаваясь мощностью на резание N_p , определять величину возможной максимальной скорости подачи, а также анализировать степень влияния и других переменных факторов. Значения величин k' и m в этом случае определяются тем же способом, как и в вышеприведенных примерах.