

РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШИХ РЕЖИМОВ ПРОДОЛЬНОГО РАСПИЛИВАНИЯ СОСНЫ НА КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Н. И. ДАВЫДОВА

Ассистент

(Белорусский лесотехнический институт)

На основании изучения и обобщения имеющихся научных и практических данных и постановки специальных исследований по определению наивыгоднейших режимов работы круглопильных станков, нами разработан метод расчета режимов пиления, удовлетворяющих требованиям как максимальной производительности, так и качества распила.

Основными технологическими факторами, влияющими на чистоту поверхности распила, является подача на зуб s и угол встречи $\theta_{\text{вых}}^*$. Для определения чистоты поверхности и распила по ГОСТ 7016-54 в зависимости от подачи на зуб s и угла встречи $\theta_{\text{вых}}$, а также от диаметра пилы D , подъема стола над центром вала a и выступающей из пропила части пильного диска a_1 , построена единая рабочая номограмма № 1 для станков продольного распиливания любой конструкции.

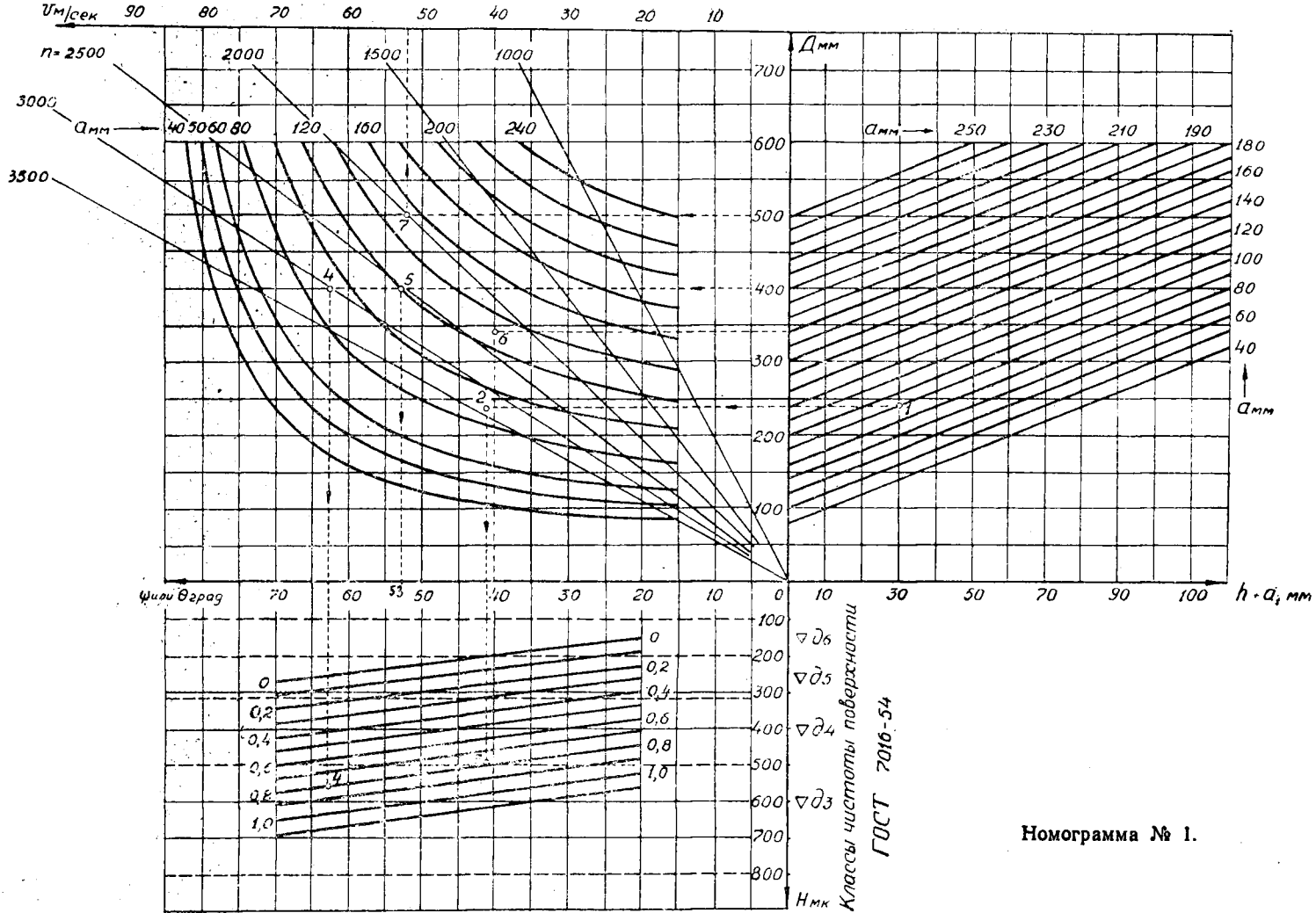
С помощью номограммы можно найти также величину подачи на зуб, обеспечивающую необходимый класс чистоты поверхности распила в зависимости от режимов распиливания, выбрать диаметр пилы с учетом высоты пропила и определить угол $\theta_{\text{ср}}^{**}$, необходимый для расчета мощности резания или скорости подачи для станков любой конструкции: с регулируемой или с постоянной высотой стола, с нижним или верхним расположением пильного вала.

ПРИМЕРЫ ПОЛЬЗОВАНИЯ НОМОГРАММОЙ

1. Определить класс чистоты поверхности обработки и минимальный диаметр пилы $D_{\text{мин}}$ при постоянном подъеме стола $a = 90$ мм, $a_1 = 10$ мм, при распиливании материала толщиной $h = 20$ мм. Для этого на вертикали, проведенной через абсциссу $h + a_1 = 20 + 10 = 30$,

* $\theta_{\text{вых}}$ — угол между вектором скорости резания и направлением волокон в момент выхода пилы из пропила.

** $\theta_{\text{ср}}$ — угол между вектором скорости резания и направлением волокон в средней части высоты пропила.



Номограмма № 1.

находим точку 1 пересечения с наклонной линией $a = 90$. От точки проводим горизонтальную линию до пересечения с осью ординат, на которой и найдем искомое $D_{\text{мин}} = 240$ мм.

На продолжении горизонтали 1—240 до пересечения с кривой $a = 90$, во втором квадранте находим точку 2, абсцисса которой показывает максимальный угол встречи $\Theta_{\text{вых}} = 41^\circ$. Чтобы определить класс чистоты поверхности, необходимо ординату 2—41 продолжить во II квадрант до пересечения с линией, соответствующей подаче на зуб, например, $s = 0,8$ мм (точка 3). Точка 3 находится в зоне класса чистоты поверхности $\nabla d 4$, а ее ордината H показывает глубину неровности в микронах.

Значения глубины неровностей при продольном распиливании на круглопильных станках с разведенными зубьями получены из статистического уравнения:

$$H_{\text{макс}} = 370 c + 2,2 \Theta_{\text{вых}} + 105. \quad (1)$$

2. Определить угол $\Theta_{\text{ср}}$ для станка с нижним расположением пильного вала при диаметре пилы $D = 400$ мм, толщине распиливаемого материала $h = 60$ мм и подъеме стола $a = 90$ мм.

Угол $\Theta_{\text{ср}}$, по которому рассчитывается удельная работа, мощность и сила резания, можно определить из выражения:

$$\Theta_{\text{ср}} = \psi_{\text{ср}} = \arccos \frac{a + \frac{h}{2}}{R}$$

или с помощью номограммы № 1.

При пользовании номограммой задача сводится к определению $\Theta_{\text{ср}}$ на уровне средней части высоты пропила над центром пильного вала, то есть на расстоянии $a + \frac{h}{2}$, которое для нашего примера будет:

$$a + \frac{h}{2} = 90 + (60 : 2) = 120 \text{ мм.}$$

От точки 400 на оси ординат проводим горизонталь во II квадрант до пересечения с кривой $a = 120$ в точке 14, абсцисса которой указывает искомое $\Theta_{\text{ср}} = 55^\circ$.

При определении $\Theta_{\text{ср}}$ для круглопильных станков с верхним расположением пильного вала необходимо определить величину:

$$\frac{D}{2} - \left(\frac{h}{2} + a_1 \right),$$

которая характеризует отдаленность средней части высоты пропила $\frac{h}{2}$ от центра пильного диска (или, что то же самое, величину a).

Определив эту величину, в дальнейшем, при нахождении $\Theta_{\text{ср}}$, поступаем аналогично описанному способу.

3. Определить качество распила. Для этого нужно найти величину угла встречи $\Theta_{\text{вых}}$ при выходе зубьев пилы из пропила*.

Если пильный вал расположен над столом, задача решается как в п. 2. Например, надо определить $\Theta_{\text{вых}}$, соответствующее выходу

* Для станков с верхним расположением пильного вала, работающих с попутной подачей, это будет $\Theta_{\text{вх}}$.

зубьев из пропила, если на прирезном станке распиливается материал толщиной $h = 35$ мм, $a_1 = 5$ мм, $D = 340$ мм.

Величина $a = \frac{D}{2} - (h + a_1) = \frac{340}{2}(-35 + 5) = 130$. От точки

$D = 340$ на оси ординат проводим горизонталь до пересечения кривой $a = 130$ в точке 16. Ордината последней определяет $\Theta_{\text{вых}} = 40^\circ$.

4. Найти скорость резания V м/сек, если известны диаметр пилы D и число оборотов пильного вала n .

Для этого во II квадранте номограммы № 1 нужно провести горизонталь от данного D до пересечения с лучом n и восстановить перпендикуляр до шкалы V м/сек.

Например, требуется определить скорость резания, если $D = 500$ мм, $n = 2000$ об/мин.

От точки 500 на оси ординат проводим горизонталь во II квадрант до пересечения с лучом $n = 2000$ в точке 17. По стрелке вверх на шкале находим искомое $V = 52,4$ м/сек.

На основании лабораторных исследований процесса продольного распиливания древесины сосны на круглопильных станках и обобщения результатов опытов методом вариационной статистики, получены количественные и качественные данные по комплексному влиянию основных технологических факторов процесса резания на удельную работу, мощность и силу резания.

Эта зависимость для удельной работы резания K выражена формулой:

$$K e_1 \psi_1 V_1 \delta = \frac{1140}{V+82} 0,08(V+82) + 0,024\psi + 0,039\delta - 19,42 \quad (2),$$

$$e^{0,53 - 0,002(V+\psi)}$$

где V — скорость резания в м/сек;

e — толщина стружки в мм;

ψ — угол между направлением вектора скорости резания и волокном на уровне средней высоты пропила в градусах;

δ — угол резания в градусах.

В числителе формулы (2) представлена зависимость удельной работы K' от скорости резания V , угла резания δ , угла встречи ψ , при толщине стружки $e = 1$ мм;

$$K' = \frac{1140}{V+82} + 0,08(V+82) + 0,024\psi + 0,039\delta - 19,42 \quad (3)$$

Обозначим: $A = 0,024\psi + 0,039\delta$

$$A_1 = \frac{1140}{V+82} + 0,08(V+82) - 19,42$$

тогда

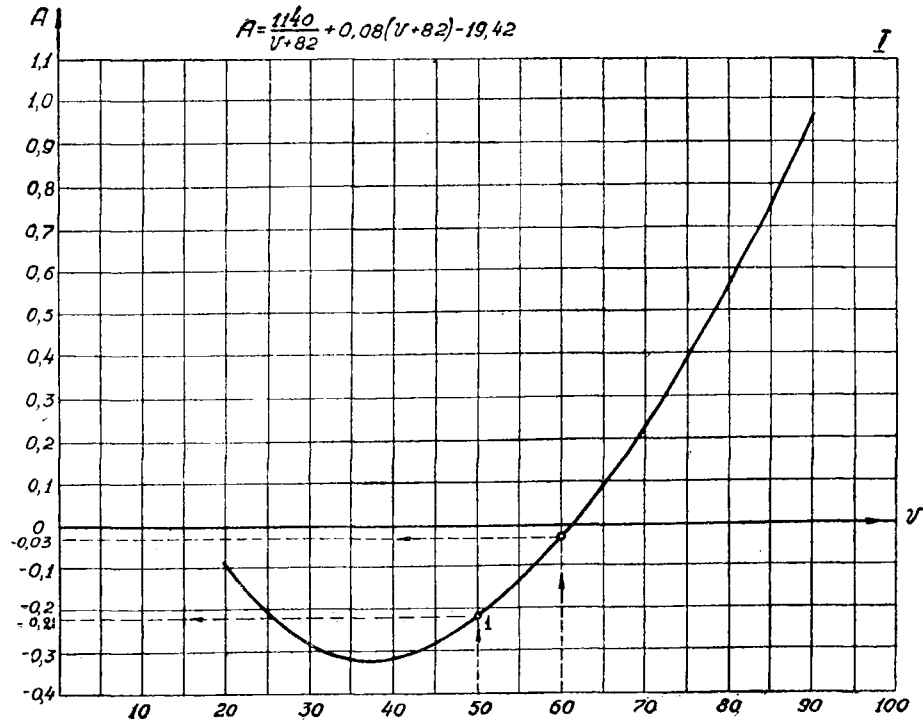
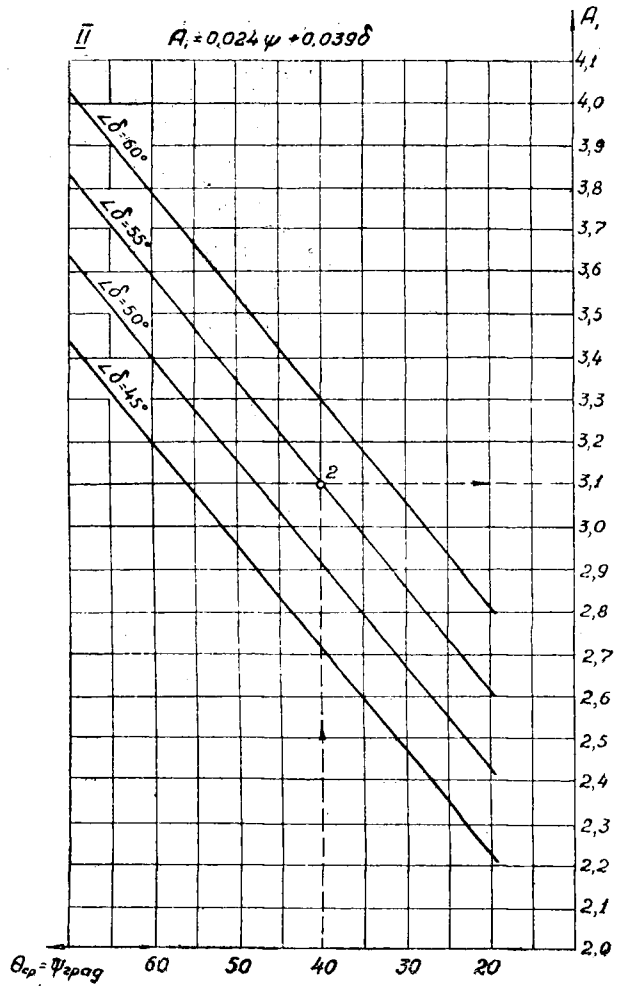
$$K' = A + A_1 \quad (4)$$

Если обозначим также показатель степени при e

$$0,53 - 0,002(V+\psi) = m, \text{ то получим}$$

$$K = \frac{K'}{e^m} \quad (5)$$

$$K' = A \cdot A,$$



Номограмма № 2.

Для определения величины K' построена номограмма № 2. Установленная зависимость (5) позволяет решать:

- а) прямую задачу, когда известны режимы резания и требуется определить мощность N_p ;
 б) обратную задачу, когда дана мощность резания и требуется определить скорость подачи U м/мин.

Мощность и сила резания определяется по известной объемной формуле:

$$N_p = \frac{KbhU}{102 \cdot 60} \text{ кВт} \text{ и } P = \frac{KbhU}{60 \cdot V}$$

Подставив K из формулы (5) и выразив значение e и U через c :

$$e = \frac{b}{s} \cdot c \cdot \sin \Theta; \text{ и } c = \frac{1000U}{zn},$$

будем иметь:

$$N_p = \frac{K'bhzn c^{1-m}}{6 \cdot 10^6 \left[\frac{b}{s} \cdot \sin \Theta \right]^m} \quad (6)$$

$$P = \frac{K'bhzn c^{1-m}}{6 \cdot 10^4 \pi D \left[\frac{b}{s} \cdot \sin \Theta \right]^m} \quad (7)$$

где N_p — мощность резания, кВт;

P — сила резания в кг;

n — число оборотов пильного вала, об/мин;

z — число зубьев пилы;

b — ширина пропила в мм;

h — высота пропила;

s — толщина пилы в мм;

c — подача на зуб в мм;

D — диаметр пилы в мм.

Если известна мощность резания и требуется определить скорость подачи, то необходимо из выражения (6) найти:

$$c_N^{1-m} = \frac{6 \cdot 10^6 \left[\frac{b}{s} \cdot \sin \Theta \right]^m N_p}{K'bhzn} \text{ мм} \quad (8)$$

По найденной величине c_N определяется скорость подачи U при полном использовании мощности.

$$U_N = \frac{c_N zn}{1000} \text{ м/мин.}$$

В случае, если требуется получить чистоту поверхности распила соответствующего класса по ГОСТу 7016-54, необходимо проверить величину подачи на зуб c по условиям, предъявляемым к качеству распила, то есть определить максимальную нормативную подачу на зуб по номограмме № 1.

Если окажется, что $n \geq c_N$, то c_N отвечает оптимальной производительности, а если окажется, что $c_H \leq c_N$, то расчет производительности следует вести по c_H , так как при $c_N < c_H$ качество чистоты по-

верхности обязательно должно соответствовать заданному классу по ГОСТу 7016-54.

Полученные формулы (2), (6), (7) отображают комплексное влияние скорости резания, угла резания, угла встречи и толщины стружки.

Для ускорения и облегчения расчетов режимов распиливания предложен метод графического сопоставления и увязки основных факторов, влияющих на мощность резания и производительность с помощью номограмм, которые отличаются наглядностью и обеспечивают быстрое решение практических задач с достаточной точностью.

Формулу (6) можно преобразовать, если обозначим

$$A_2 = \frac{bhzn}{6 \cdot 10^6}$$

и

$$A_3 = \frac{1}{\left[\frac{b}{s} \cdot \sin \Theta \right]^m}$$

Для определения величины A_3 построена номограмма № 3. Произведение A_2 не представляет затруднения для расчета, поэтому оно не номографировано.

Теперь для решения прямой задачи необходимо рассчитать мощность резания по формуле:

$$N_p = K' \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot c^{1-m} \quad (9)$$

При решении обратной задачи необходимо определить из выражения (9) величину:

$$c^{1-m} = \frac{N_p}{K' \cdot A_2 \cdot A_3} \quad (10)$$

Для решения прямой и обратной задачи построена номограмма № 4.

Приемы пользования номограммами № 2, 3 и 4 рассмотрим при решении практических задач.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ

Дано: на круглопильном станке с нижним расположением пильного вала распиливается сосна $W = 18\%$, $h = 60$ мм;

$a = 100$ мм, $a_1 = 10$ мм, $n = 2800$ об/мин;

$U = 28$ м/мин; согласно ГОСТу 980-53 пила имеет:

$z = 36$; $\delta = 55^\circ$; $s = 2,2$ мм, $s' = 0,55$ мм;

$$b = 3,3 \text{ мм}; \quad \frac{b}{s} = 1,5 \text{ мм.}$$

Определить N_p и класс чистоты поверхности распила по ГОСТу 7016-54.

Решение: Определяем величину подачи на зуб:

$$c = \frac{1000 \cdot U}{z \cdot n} = \frac{1000 \cdot 28}{36 \cdot 2800} = 0,28 \text{ мм}$$

По номограмме № 1 определяем:

а) $D_{\text{мин}} = 340$ мм;

б) $\psi_{\text{ср}} = \Theta_{\text{ср}} = 40^\circ$;

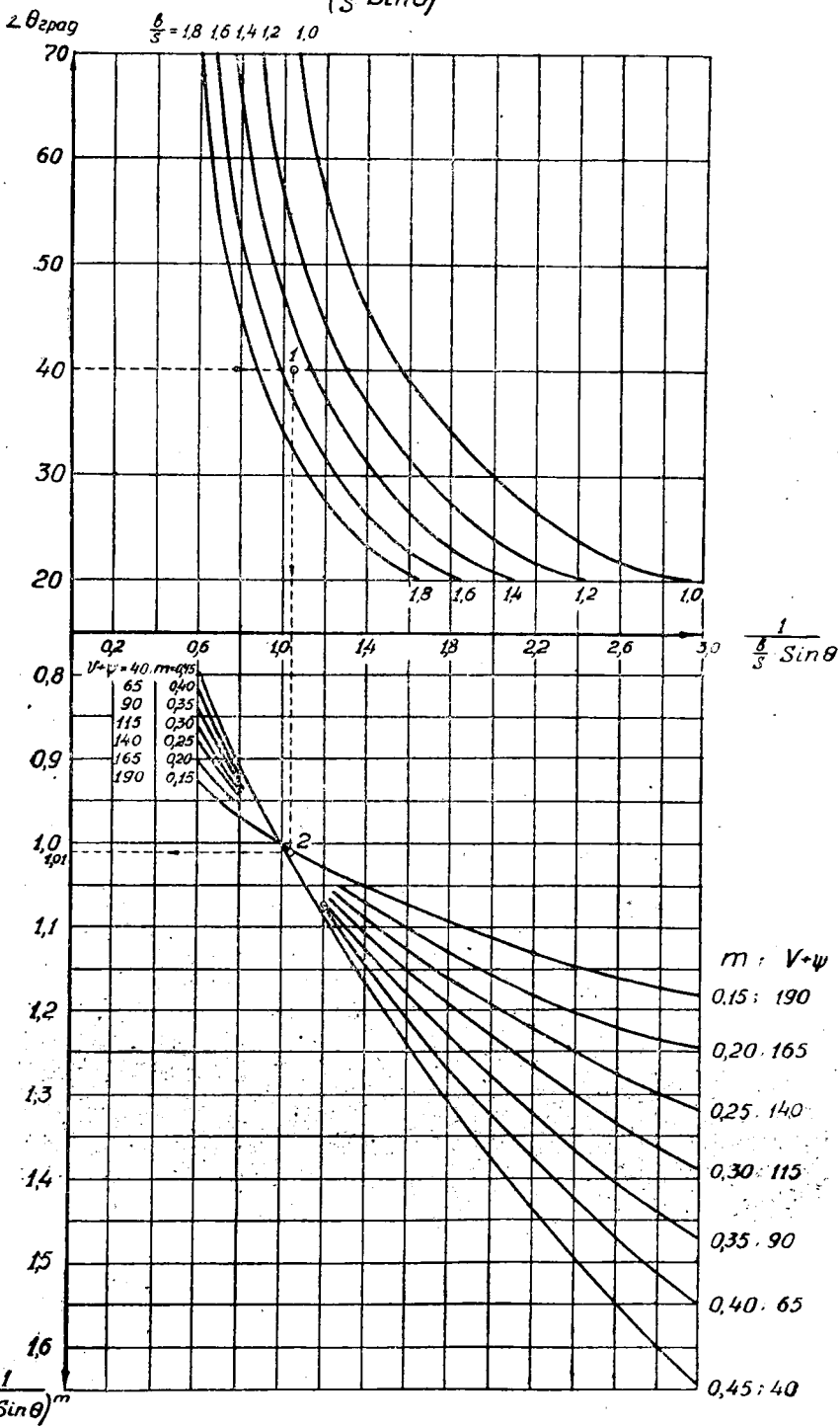
в) $\Theta_{\text{вых}} = 54^\circ$;

г) класс чистоты поверхности распила $\nabla 04$;

д) $V = 50$ м/сек

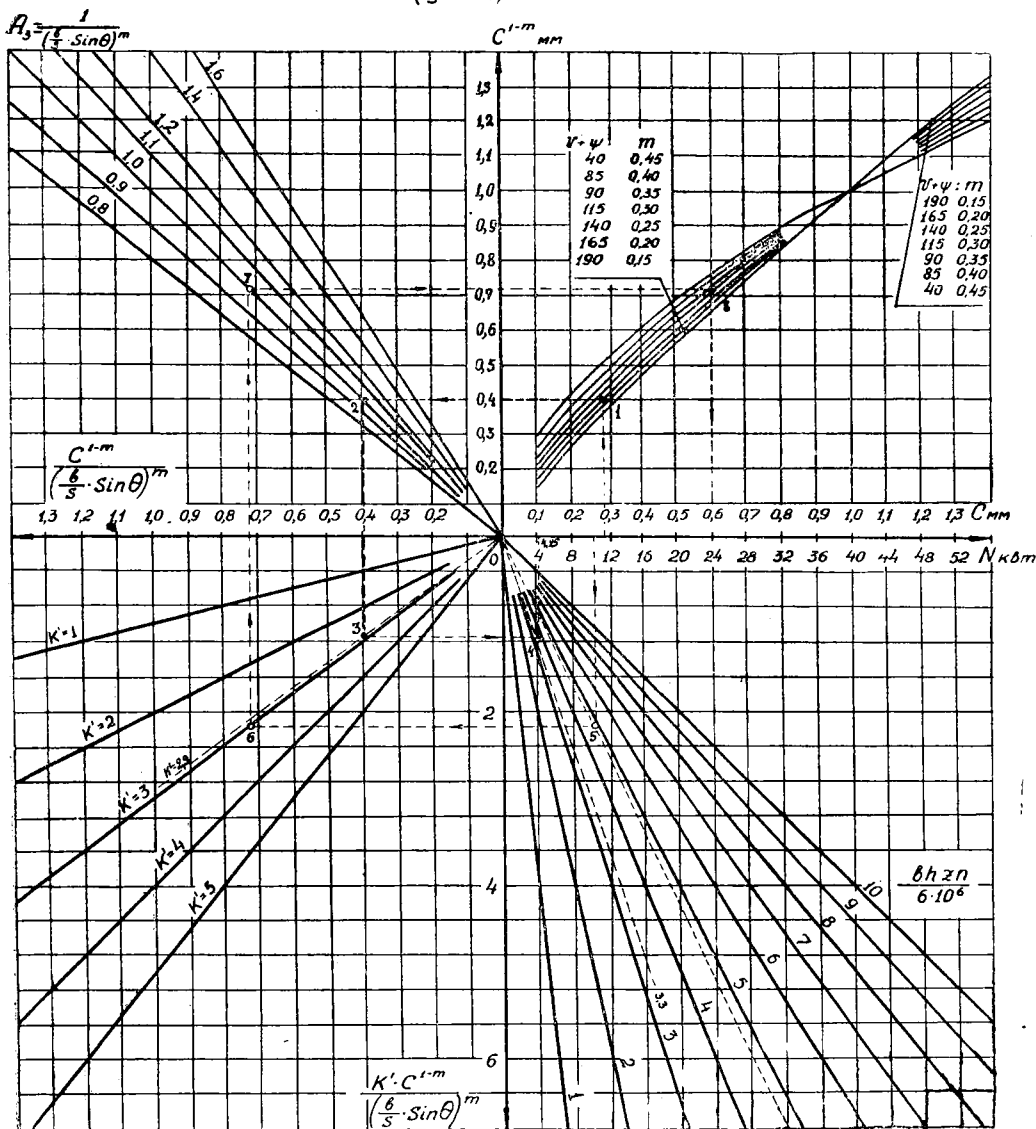
Сумма $V + \psi = 40 + 50 = 90$.

$$A_3 = \frac{1}{\left(\frac{b}{s} \cdot \sin \theta\right)^m}$$



Номограмма № 3.

$$N_p = \frac{K' z n \delta h c^{1-m}}{6 \cdot 10^6 \left(\frac{\delta}{s} \cdot \sin \theta\right)^m}$$



Номограмма № 4.

На графике I номограммы № 2 по оси абсцисс откладываем значение $V = 50 \text{ м/сек}$, проводим вертикаль до кривой. Из точки пересечения проводим горизонталь до пересечения с осью ординат, где читаем $A = - 0,21$.

Зная $\varphi_{cp} = 40^\circ$, откладываем его значение на оси абсцисс графика II номограммы № 2, проводим вертикаль до пересечения с прямой, соответствующей $\delta = 55^\circ$. Ордината точки пересечения $A_1 = 3,1$. Отсюда $K' = - 0,21 + 3,1 = 2,89$.

По номограмме № 3 определяем величину A_3 . От ординаты $\theta = 40^\circ$ проводим горизонталь до кривой, соответствующей величине $\frac{b}{s} = 1,5$,

проводим вертикаль во II квадрант до кривой $V + \psi = 90$. Ордината пересечения $A_3 = 1,01 \approx 1$.

По номограмме № 4 находим N_p . Для этого от абсциссы $c = 0,28$ в I квадранте проводим вертикаль до пересечения с кривой $V + \psi = 90$, из точки пересечения проводим горизонталь во II квадрант до луча $A_3 = 1$, затем проводим вертикаль во II квадрант до луча $K' = 2,89$, из последней точки проводим горизонталь в IV квадрант до луча.

$$\frac{bhzn}{6 \cdot 10^6} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 60 \cdot 36 \cdot 2800}{6 \cdot 10^6} = 3,3.$$

Абсцисса точки пересечения показывают искомое $N_p = 4,25$ квт.

Если известна мощность резания и требуется определить подачу на зуб (скорость подачи), задача решается в обратном порядке.

Приведенные в работе формулы для определения удельной работы, мощности и силы резания, устанавливающие взаимосвязь между различными факторами процесса резания, и предлагаемый метод выбора наиболее выгодных режимов продольного распиливания древесины сосны, с учетом качества распила с помощью расчетных номограмм, являются совершенно новыми. Они учитывают и взаимно увязывают конструкцию станка и инструмента, позволяют более обоснованно оценить загрузку станка по мощности с учетом качества поверхности распила и тем самым способствуют выявлению неиспользуемых резервов производительности круглопильных станков любой конструкции в зависимости от конкретных условий его работы. Сопоставляя различные режимы обработки, можно наметить наиболее эффективные мероприятия по повышению производительности и качества распиливания. В этом большое преимущество предлагаемого расчетного метода.

Поступила в редакцию
24 октября 1957 г.