

674.05
к 76

Министерство высшего и среднего специального
образования БССР

Белорусский технологический институт
им. С. М. Кирова

Б. И. Кошуняев

Исследование качества
обработки
при пилении древесины
дисковыми пилами

Специальность 421
"Машины, оборудование и технология
лесопильных и деревообрабатывающих
производств"

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

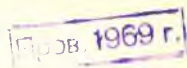
Минск
1969

674.05
К 76

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР
БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ С.М.КИРОВА

Б.И. КОШУНЯЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПРИ
ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ ДИСКОВЫМИ ПИЛАМИ



Специальность 42I

"Машины, оборудование и технология лесопильных и деревообрабатывающих производств"

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск

1969

2118ap

Работа выполнена в лаборатории перспективного развития лесопиления Центрального научно-исследовательского института механической обработки древесины.

Научные руководители:

кандидат технических наук, доцент В.Д.ИВАНОВ
кандидат технических наук, доцент А.А.ПИЖУРИН

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Г.А.ВИЛЬКЕ
кандидат технических наук В.И.МИКУЛИНСКИЙ

Ведущее предприятие - Кузнецhevский лесозавод

Автореферат разослан "___" _____ 1969 г.

Защита диссертации состоится

"___" _____ 1969 г.

на заседании Ученого Совета БТИ имени С.М.Кирова

(г.Минск, ул.Свердлова, 13)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института.

Ученый секретарь Совета

(Н.П.ЕДИНЦОВА)

В В Е Д Е Н И Е

Важнейшими характеристиками процессов пиления древесины являются качественные характеристики, т.е. чистота и точность распила. Под чистотой обработанной поверхности понимается степень её соответствия геометрически гладким поверхностям, под точностью обработки — степень соответствия фактических размеров и формы номинальным. Качество распила определяет товарный вид и технические достоинства пиломатериалов, расход древесины и величину энергозатрат при последующей обработке.

Для оптимизации процессов пиления древесины и разработки математической модели этих процессов необходимо четко установить влияние основных факторов на чистоту и точность распила, выразить зависимость этих характеристик в математической форме с учетом взаимного влияния различных факторов, участвующих в процессе.

Поставленную задачу решали с применением математической теории планирования многофакторного эксперимента.

В данной работе проведены исследования процессов продольного и поперечного пиления древесины сосны и ели дисковыми пилами, с целью определения исходных данных для оптимизации режимов обработки лесоматериалов дисковыми пилами и создания предпосылок алгоритмизации этих процессов.

На основании исследований выявлены закономерности, отражающие влияние основных факторов на чистоту и точность обработки. Качественные характеристики выражены в виде уравнений регрессии, которые позволяют вести расчеты режимов резания по критериям чистоты и точности обработки при продольном и поперечном пилении древесины сосны и ели дисковыми пилами.

I. ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На качество обработки при пилении древесины дисковыми пилами влияет большое количество факторов: режим резания, физико-механические свойства древесины, режущий инструмент и т.д.

Исследовали в основном те факторы, которые могут изменяться в процессе пиления и поддаются управлению. Такие факторы, как жесткость системы станок-инструмент-материал, угловые параметры режущего инструмента и т.п. не рассматривали, так как они задаются при конструировании оборудования и подготовительных работах. В процессе эксплуатации станков эти факторы практически являются постоянными.

Опыты по определению зависимости качественных характеристик от основных факторов процесса пиления проводили в два этапа. Первый этап включал отсеивающие эксперименты, цель которых заключалась в выявлении доминирующих эффектов среди большого количества потенциально возможных. На втором этапе устанавливали количественную зависимость чистоты и точности распила от совокупности этих факторов.

Критерием для оценки чистоты поверхности распила была принята наибольшая глубина неровностей $H_{\text{макс.ср.}}$. В качестве критерия точности обработки принимали величину погрешностей размеров ширины (толщины) досок - при продольном пилении древесины и отклонение торцов от прямого угла - при поперечном пилении.

Замеры глубины неровностей производили прибором ТСП-2 и индикаторным глубиномером. Глубина неровностей на поверхности торцов определялась только прибором ТСП-2. Ширину досок измеряли с точностью до 0,05 мм; величину углов, образованных плоскостью торца с пластью и кромкой доски, - с точностью до $10'$.

Отсеивающие эксперименты проводили по классической методике. В каждой серии опытов переменной являлась только одна величина, остальные сохраняли на определенном постоянном уровне. Опыты проводили в основном на серийно изгото-

товляемом оборудовании, установленном на лесозаводах г. Архангельска. Качество обработки при продольном пилении древесины изучали на станках ЦДд-5А, ЦД-Г, Т-94, ЦДТ-4; при поперечном пилении - на торцовочном устройстве проходного типа ЦТЗ-2М и шведской браковочно-торцовочной установке "Горно У-2".

В основу плана эксперимента на втором этапе исследований было положено центральное композиционное планирование второго порядка. План включал 31 вариант опытов, а переменные варьировались на 5 уровнях. Из них 16 опытов образовывали полный факторный эксперимент, учитывающий линейные эффекты, 7 опытов в центре эксперимента и 8 опытов в звездных точках с величиной плеча $\alpha = 2$.

Опыты проводили на экспериментально-производственном заводе ЦНИИМОД "Красный Октябрь" в г. Архангельске. При исследовании процессов продольного пиления древесины дисковыми пилами опыты ставили на специальной экспериментальной установке, созданной на базе фрезерно-пильного агрегата. В опытах по поперечному пилению было использовано торцовочное устройство проходного типа ЦТЗ-2М.

Данные экспериментов обрабатывали на ЭВМ БЭСМ-2М. Степень соответствия опытных данных закону нормального распределения оценивалась критерием Пирсона (χ^2).

В опытах применяли пилы с плоским диском. Размеры пил и профиль зубьев были приняты по ГОСТ 980-63. Подготовку к работе и установку пил производили согласно действующим техническим условиям. Техническое состояние оборудования при проведении опытов соответствовало нормам точности.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ОТСЕМИВАЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Качество обработки при пилении древесины дисковыми пилами изучали в зависимости от величины подачи на резец U_r , затупления зубьев пил, характеризуемого путем реза в древесине L , кинематического угла встречи на выходе пилы из пропила $\theta_{\text{вых}}$, высоты пропила H , объемного веса древесины γ .

влажности древесины W и физического состояния влаги в древесине.

При продольном пилении дополнительно рассматривали влияние величины вылета зубьев пил над поверхностью распиливаемого материала, диаметра D и числа зубьев пил t , а также изменения глубины рисок по высоте пропила.

В опытах по исследованию качества обработки при продольном пилении древесины переменные варьировали в следующих диапазонах:

$$\begin{array}{ll} 0,3 \text{ км} \leq L \leq 35 \text{ км}; & 0,435 \text{ мм} \leq u_z \leq 1,56 \text{ мм}; \\ 60^\circ \leq \theta \leq 67^\circ; & 20 \text{ мм} \leq H \leq 100 \text{ мм}; \\ 0,36 \text{ г/см}^3 \leq \gamma \leq 0,54 \text{ г/см}^3; & 10\% \leq W \leq 70\%; \\ 470 \text{ мм} \leq D \leq 610 \text{ мм}; & 36 \leq z \leq 60. \end{array}$$

Величина вылета зубьев пил изменялась от 10 до 80 мм. Опыты проводили на талой и мерзлой древесине. Факторы, принятые постоянными, поддерживали на следующих уровнях: диаметр пил $D = 500$ мм, толщина пил $t = 2,2$ мм, число зубьев пил $z = 48$, скорость резания $V = 45 \pm 55$ м/сек.

Было установлено, что при продольном пилении древесины дисковыми пилами чистота обработки определяется толщиной стружки, снимаемой зубом пилы, путем резца в древесине, объемным весом древесины и физическим состоянием влаги в древесине.

Зависимость глубины неровностей $H_{\text{макс.ср.}}$ от подачи на зуб u_z ($\gamma = 0,5$ г/см³; $L = 10$ км) имеет вид:

при распиловке талой древесины:

$$\begin{aligned} H_{\text{макс.ср.}} &= 620 u_z + 88, \text{ мк} & (1) \\ m &= \pm 42 \text{ мк}; \end{aligned}$$

при распиловке мерзлой древесины:

$$\begin{aligned} H_{\text{макс.ср.}} &= 475 u_z + 192, \text{ мк} & (2) \\ m &= \pm 29 \text{ мк}. \end{aligned}$$

Величина $H_{\text{макс.ср.}}$ в зависимости от подачи на резец u_z и объемного веса древесины γ может быть определена по формуле:

$$H_{\text{макс. ср.}} = U_2(2400 - 3460 \gamma) - (1290 - 2650 \gamma), \text{ мк} \quad (3)$$

Глубина рисков по высоте пропила изменяется в зависимости от подачи U_2 , кинематического угла встречи θ и диаметра D согласно уравнению:

$$H_{\text{макс. ср.}} = 475 U_2 - 0,0129 D (\theta_{\text{внх.}} - \theta) + 171, \text{ мк} \quad (4)$$

На рис. I приводится номограмма, пользуясь которой можно определить глубину рисков в любой точке по высоте пропила.

Точность распила зависит от подачи U_2 , пути реза в древесине L , высоты пропила H , кинематического угла встречи θ , диаметра D и числа зубьев пил z . Кроме того, известно, что точность обработки в значительной степени определяется толщиной пил. Для обеспечения нормальных условий работы круглопильных станков при распиловке брусьев выставка зубьев пил над поверхностью материала должна составлять 10 + 15 мм.

При изучении качества обработки торцев переменные изменяли в следующих пределах:

$$\begin{aligned} 0,73 \text{ км} \leq L \leq 17,5 \text{ км}; & \quad 0,0415 \text{ мм} \leq U_2 \leq 0,188 \text{ мм}; \\ 50^\circ \leq \theta \leq 61^\circ; & \quad 22 \text{ мм} \leq H \leq 103 \text{ мм}; \\ 0,34 \text{ г/см}^3 \leq \gamma \leq 0,56 \text{ г/см}^3; & \quad 10\% \leq W \leq 70\%. \end{aligned}$$

В опытах использовали пилы диаметром $D = 550 \div 650$ мм, толщиной $t = 2,2$ мм с числом зубьев $z = 120$. Скорость резания V составляла $55 \div 65$ м/сек.

Было установлено, что на чистоту обработки влияет подача U_2 , путь реза в древесине L , объемный вес древесины γ , состояние влаги в древесине, высота пропила H .

Зависимость глубины неровностей $H_{\text{макс. ср.}}$ от подачи U_2 ($\gamma = 0,47$ г/см³; $L = 5$ км) имеет вид:

при распиловке тадой древесины:

$$H_{\text{макс. ср.}} = 11850 U_2 + 119, \text{ мк} \quad (5)$$

$$m = \bar{I} \quad 36 \text{ мк};$$

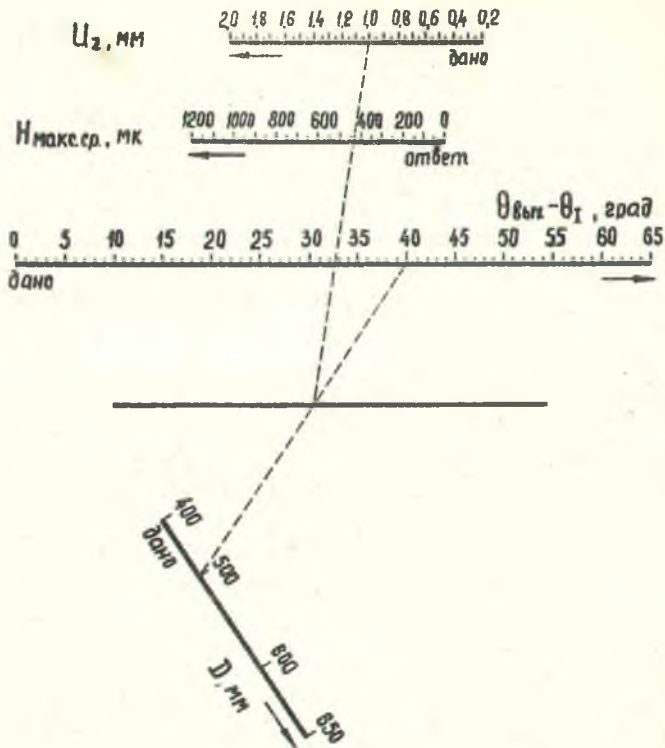


Рис.7. Номограмма для определения глубины неровностей по высоте пропила в зависимости от подачи на зуб, кинематического угла встречи и диаметра вилы.

при распиловке мерзлой древесины:

$$N_{\text{макс.ср.}} = 7580 u_z + 172, \text{ мк} \quad (6)$$

$$m = \pm 45 \text{ мк}.$$

Величина $N_{\text{макс.ср.}}$ в зависимости от подачи u_z и объемного веса древесины γ определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{макс.ср.}} = (22000 u_z + 240) \cdot (1 - \gamma). \quad (7)$$

Исследования показали, что изменение подачи u_z , пути реза в древесине L , угла встречи θ и высоты пропила H в принятом диапазоне практически не сказывается на прямоугольности торцев. В связи с этим качество торцев можно характеризовать только чистотой распила.

Отсеивающие эксперименты позволили выявить факторы, оказывающие влияние на качество обработки при продольном и поперечном пилении древесины дисковыми пилами. Однако полученные закономерности характеризуют влияние отдельных факторов на чистоту и точность распила и не дает достаточно общей картины процесса.

С целью получения количественных зависимостей качественных характеристик от основных факторов были поставлены многофакторные опыты, базирующиеся на математических методах планирования эксперимента.

3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ДИСКОВЫМИ ПИЛАМИ

При математическом описании глубину неровностей на поверхности распила и величину погрешностей обработки выражали в виде аппроксимирующей функции отклика $y = f(x_i)$ в зависимости от основных факторов x_i .

На основании результатов отсеивающих экспериментов было принято, что факторы, определяющие качественные характеристики, взаимосвязаны и поверхность отклика описывается с достаточной степенью точности полиномом не выше второго порядка, т.е.

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (8)$$

где y - значение выхода;
 b - коэффициент регрессии;
 x - независимые переменные.

Таким образом, уравнение регрессии учитывает линейные эффекты, парные взаимодействия и эффекты второго порядка.

Переход от фактических переменных производился по формуле:

$$x = \frac{X - \bar{X}}{T}, \quad (9)$$

где X - текущее значение фактических переменных;
 \bar{X} - основной уровень фактического переменного;
 T - интервал варьирования.

При определении коэффициентов регрессии проводили следующие вычисления:

1. Составлялась матрица коэффициентов нормальных уравнений XX ;
2. Составлялся вектор-столбец свободных членов нормальных уравнений XU ;
3. Обращалась матрица XX ;
4. Перемножалась корреляционная матрица $(XX)^{-1}$ и вектор-столбец XU .

Оценку значимости коэффициентов регрессии производили с помощью t -критерия.

4. КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ПРОДОЛЬНОГО ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

А. Чистота распила. При планировании многофакторного эксперимента по выявлению чистоты распила в качестве переменных было выбрано 4 фактора: подача на резец u_1 , путь реза в древесине L , кинематический угол встречи на выходе пилы из пропила θ и высота пропила H .

Переменные варьировали в следующих диапазонах:

$$\begin{aligned} 0,2 \text{ мм} \leq U_1 \leq 1,8 \text{ мм}; & \quad 8 \text{ км} \leq L \leq 24 \text{ км}; \\ 64^{\circ} \leq \theta \leq 72^{\circ}; & \quad 30 \text{ мм} \leq H \leq 150 \text{ мм}. \end{aligned}$$

В опытах использовали пилы диаметром $D = 500$ мм, толщиной $t = 2,2$ мм с числом зубьев пил $Z = 48$. Скорость резания V равнялась 45 м/сек, влажность древесины $W = 25 \pm 30$ %.

Обработкой опытных данных было получено уравнение регрессии в виде полинома второго порядка, которое в явной форме имеет вид:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & 744 + 226 x_1 + 25 x_2 + 16 x_3 + 3,5 x_4 + \\ & + 33,8 x_1^2 + 12,8 x_2^2 + 3,64 x_3^2 - 3,5 x_4^2 - \\ & - 10,92 x_1 x_2 + 7,56 x_1 x_3 + 54 x_1 x_4 - \\ & - 1,2 x_2 x_3 + 14,44 x_2 x_4 - 2,16 x_3 x_4, \end{aligned} \quad (10)$$

где \bar{y} - значение выходного параметра H макс. ср., мм;

$$x_1 = \frac{U_1 - 1}{0,4}; \quad x_2 = \frac{L - 16}{4}; \quad x_3 = \frac{\theta - 68}{2}; \quad x_4 = \frac{H - 90}{30}.$$

F - отношение равняется 2,83. Согласно статистических таблиц гипотеза об адекватности полученного уравнения принимается с уровнем значимости выше пяти процентов. Анализ точности уравнения (10) показал, что величина относительного отклонения опытных данных от расчетных не превышает 6,5 %.

Согласно уравнению (10) из всех переменных на \bar{y} самое большое влияние оказывает x_1 ($b_1 = 226$), которая соответствует подаче U_1 . Причем это влияние нелинейно ($b_{11} = 33,8$). Коэффициент регрессии b_1 в 10 и более раз превышает остальные коэффициенты регрессии при линейных членах, а коэффициент b_{11} - в три и более раза превышает остальные коэффициенты при квадратичных членах. Вторым по значению фактором, влияющим на частоту обработки, является x_2 , т.е.

затупление режущего инструмента. Это влияние также имеет нелинейный характер.

Третьим по значению фактором является x_3 , соответствующий углу встречи θ . Это влияние практически линейно (b_{33} очень мало).

Влияние четвертого фактора x_4 , выражающего высоту пропила H , практически незначительно (b_4 и b_{44} относительно малы).

Из всех парных взаимодействий, входящих в уравнение регрессии (IO), заслуживает внимания взаимодействие $x_1 x_2$. Оно отражает совместное влияние подачи на резец u_2 и высоты пропила H на чистоту обработки. С увеличением u_2 и H выходящая величина \bar{y} уменьшается ($b_{12} = -54$).

Это явление можно объяснить следующим образом. С увеличением подачи на резец и высоты пропила возрастает объем стружки, снимаемой зубом пилы. Стружка запрессовывается во впадины и как бы приглаживает стенки пропила, тем самым улучшая чистоту поверхности распила.

Однако в комплексе все парные взаимодействия в значительной степени компенсируют друг друга и могут быть исключены. Поэтому уравнение (IO) можно представить в виде:

$$\bar{y} = 744 + 226x_1 + 25x_2 + 16x_3 + 34x_1^2 + 13x_2^2. \quad (II)$$

Переход от полного квадратного уравнения (IO) к упрощенному (II) увеличивает максимальное относительное отклонение расчетных величин от опытных всего на 4,7%. Для определения показателя неровностей разрушения, имеющего большой разброс, такая точность вполне приемлема.

Упрощенное уравнение регрессии (II) отражает нелинейное влияние подачи на резец $u_2(x_1)$, нелинейное влияние пути резца в древесине $L(x_2)$ и линейное влияние угла встречи $\theta(x_3)$.

Зависимость $H_{\text{макс. ср.}} = f(u_2, L, \theta)$ приводится на рис. 2.

Кроме неровностей разрушения на поверхности распила

возможно образование мшистости.

Было установлено, что появлению мшистости способствует увеличение подачи на резец, высоты пропила, затупления зубьев пил и уменьшение кинематического угла встречи. Условие, обуславливающее отсутствие мшистости при продольном пилении древесины дисковыми пилами, имеет следующий вид:

$$2,5 u_2 + 0,25 L + 0,033 H - 0,5 \theta \leq -22,6 . \quad (I 2)$$

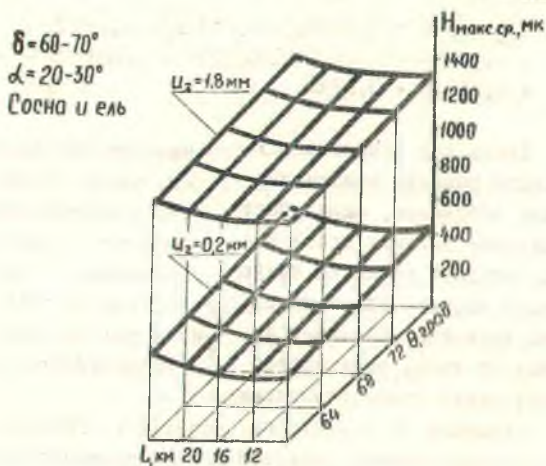


Рис.2. Зависимость глубины неровностей $H_{\text{макс ср}}$ от подачи на резец u_2 , пути резца в древесине L и кинематического угла встречи θ .

Б. Точность обработки. При проведении опытов по исследованию точности распила в качестве переменных были выбраны подача на резец u_2 , путь резца в древесине L , высота пропила H , кинематический угол встречи θ , толщина пилы t , диаметр пилы D , число зубьев пилы z .

Переменные варьировали в следующих диапазонах:

$$\begin{array}{ll}
 0,2 \text{ мм} \leq \alpha_z \leq 1,8 \text{ мм}; & 2,5 \text{ км} \leq L \leq 25 \text{ км}; \\
 64^\circ \leq \theta \leq 72^\circ; & 30 \text{ мм} \leq H \leq 150 \text{ мм}; \\
 1,8 \text{ мм} \leq t \leq 2,4 \text{ мм}; & 320 \text{ мм} \leq D \leq 610 \text{ мм}; \\
 36 \leq z \leq 60 .
 \end{array}$$

Скорость резания $V = 45$ м/сек, влажность древесины $W = 25 + 30$ %.

Уравнение регрессии, отражающее зависимость точности обработки Δ от исследуемых факторов, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 \Delta = & 4,46 + 0,88 \alpha_z - 0,093 \alpha_z^2 + 0,096 L + \\
 & + 0,0033 L^2 - 5,1 t + 0,02 H - 0,0017 D + \\
 & + 0,012 z + 0,07 \theta \quad , \text{ мм.} \quad (13)
 \end{aligned}$$

Здесь под величиной Δ понимается отклонение от номинального размера независимо от его знака. Такой подход вполне обоснован, если учесть, что в многопильных станках увеличение толщины одной доски приводит к уменьшению толщины соседней доски на такую же величину. У однопильных станков вероятность направления отклонения пила одинакова, и его величина описывается одним и тем же уравнением независимо от того, уменьшается или увеличивается размер доски в результате этого отклонения.

Величина F - критерия равна 1,1. Гипотеза об адекватности представления результатов эксперимента является верной с уровнем значимости 1 %.

Относительные отклонения вычисленных по уравнению (13) величин от опытных в диапазоне 1,5 + 3 мм составляют не более 20 %. Следует отметить, что в меньшем диапазоне показателей разнотолщинности относительные отклонения возрастают, а в большем диапазоне снижаются до 2 + 5 %. Абсолютные отклонения вычисленных по уравнению величин от опытных не превышают 0,5 мм.

Из уравнения (13) видно, что с увеличением подачи на резец α_z , пути реза в древесине L , высоты пропила H , числа зубьев z и кинематического угла встречи θ на выходе

пилы из пропила отклонение от номинального размера растет. Увеличение толщины t и диаметра пилы D приводит к уменьшению величины отклонения Δ .

На рис.3 представлена зависимость отклонения Δ от подачи на резец u_z , пути реза в древесине L . На рис.4 показано влияние на величину отклонения от номинального размера Δ высоты пропила H , толщины пилы t и диаметра пилы D .

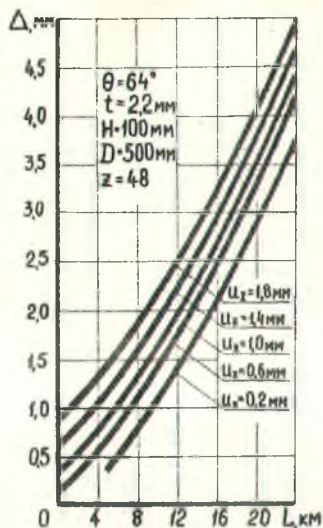


Рис.3. Зависимость величины отклонения Δ от пути реза в древесине L и подачи на резец u_z .

Из графиков, представленных на рис.3и4, видно, что на величину отклонения от номинального размера особенно резко влияют затупление резцов, толщина пилы и высота пропила.

Подача на резец u_z влияет на отклонение Δ практически линейно, а влияние пути реза в древесине имеет ярко выраженный нелинейный характер, причем, по мере затупления пилы интенсивность роста Δ возрастает.

5. ЧИСТОТА ОБРАБОТКИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ

Чистоту обработки при поперечном пиленнии древесины дисковыми пилами изучали в зависимости от подачи на резец u_z , пути реза в древесине L , объемного веса древесины γ и высоты пропила H .

Переменные варьировали в следующих диапазонах:

$$0,0327 \text{ мм} \leq u_z \leq 0,204 \text{ мм}; \quad 5 \text{ км} \leq L \leq 25 \text{ км};$$

$$0,320 \text{ г/см}^3 \leq \gamma \leq 0,587 \text{ г/см}^3; \quad 20 \text{ мм} \leq H \leq 60 \text{ мм}.$$

Остальные факторы поддерживали на следующих уровнях: диаметр пил $D = 500$ мм, толщина пил $t = 2,5$ мм, число зубьев пил $z = 120$, кинематический угол встречи $\theta = 55 \pm 5^\circ$, скорость резания $V = 55 \pm 60$ м/сек, влажность древесины $W = 20 \pm 25\%$.

Уравнение регрессии, отражающее зависимость чистоты обработки от исследованных факторов, имеет вид:

$$\bar{y} = 1765 + 520 x_1 + 51,25 x_2 - 195,19 x_3 - 3,16 x_4 + 2,4 x_1 x_2 - 51,36 x_1 x_3 - 10,68 x_1 x_4 + 8,52 x_2 x_3 + 1,44 x_2 x_4 + 12 x_3 x_4 - 46,5 x_1^2 + 15,33 x_2^2 + 40 x_3^2 + 8,74 x_4^2, \quad (14)$$

где \bar{y} - значение выходного параметра $H_{\text{макс.ср.}}$, мм.

$$x_1 = \frac{u_z - 0,12}{0,04}; \quad x_2 = \frac{L - 15}{5}; \quad x_3 = \frac{\gamma - 0,5}{0,1}; \quad x_4 = \frac{H - 40}{10}$$

F - отношение равняется 2,62. Согласно статистическим таблиц гипотеза об адекватности полученного уравнения принимается с уровнем значимости выше пяти процентов. Максимальная величина относительного отклонения опытных данных от расчетных составляет 7,8 %.

Согласно уравнению (14) из всех переменных самое большое влияние на \bar{y} оказывает x_1 ($b_1 = 520$), которая соответствует подаче на резец u_z . Это влияние имеет ярко выраженный

2118ap

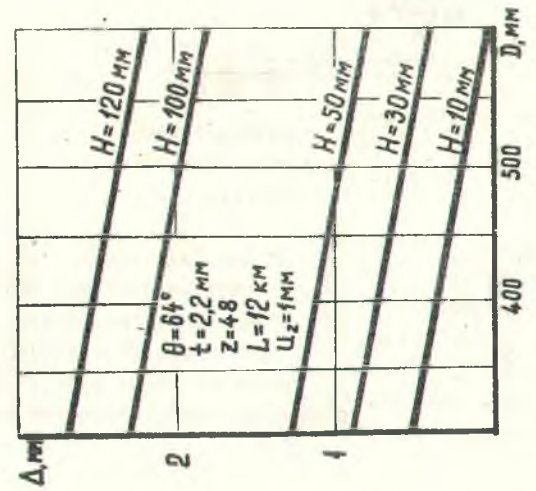
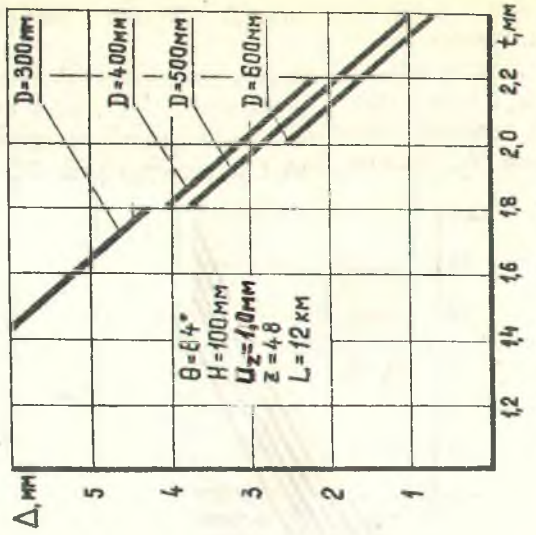
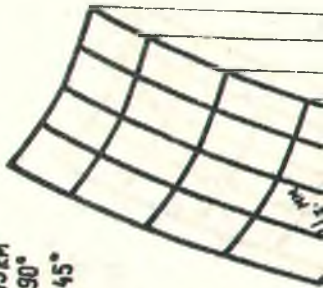


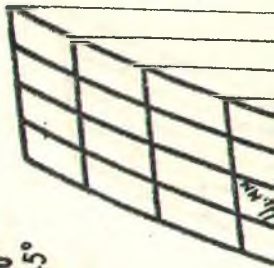
Рис. 4. Зависимость величины Δ от диаметра пил D и высоты пропила H (а); толщины t и диаметра пил D (б).

$L = 15 \text{ km}$
 $\delta = 90^\circ$
 $\gamma = 45^\circ$



$H_{\text{max ep, MK}}$
3200
2800
2400
2000
1600
1200

$\gamma = 0.57 \text{ km}^3$
 $\delta = 90^\circ$
 $\gamma = 45^\circ$



$H_{\text{max ep, MK}}$
3200
2800
2400
2000
1600
1200

нелинейный характер.

Вторым по значению фактором является x_3 , т.е. объемный вес древесины. Влияние x_3 имеет также нелинейный характер.

Третьим по значению фактором является x_2 , соответствующи затуплению режущего инструмента. Влияние этого фактора практически линейно ($\delta_{22} = 15$).

Влияние четвертого фактора x_4 , выражающего высоту пропила H , практически незначительно (δ_4 и δ_{44} малы).

Парные взаимодействия в значительной степени компенсируют друг друга. Поэтому уравнение (14) можно представить в виде:

$$\bar{y} = 1765 + 520 x_1 + 51,25 x_2 - 195,19 x_3 - 46,5 x_1^2 + 40,3 x_3^2 \quad (15)$$

Переход от полного квадратного уравнения (14) к упрощенному (15) увеличивает максимальное относительное отклонение всего на 2,2%, что является вполне допустимым.

На рис.5 показаны графики, характеризующие зависимость глубины неровностей $H_{\text{макс.ср.}}$ от подачи на резец u_2 , объемного веса древесины γ и пути реза в древесине L .

В В О Д Ы

1. На основании проведенных исследований процессов продольного и поперечного пиления древесины дисковыми пилами впервые установлены качественные характеристики процесса, выраженные в виде уравнений регрессии.

2. Полученная информация имеет одинаковую достоверность как в центре эксперимента, так и в эквидистантных точках поверхности отклика.

3. В уравнениях регрессии отражены линейные эффекты, парные взаимодействия и эффекты второго порядка.

4. Применение современной теории планирования многофакторного эксперимента позволило сократить объем экспериментальных работ по сравнению с традиционным методом в 5 раз.



Рис.5. Зависимость глубины неровностей $H_{\text{макс.ср.}}$ от подачи на зуб u_2 и объемного веса древесины γ ; подачи на зуб u_2 и пути реза в древесине L (б).



5. На чистоту обработки при продольном и поперечном пилении древесины дисковыми пилами доминирующее влияние оказывает подача на резец U_z . Влияние этого фактора имеет нелинейный характер. При продольном пилении древесины с увеличением подачи на резец U_z от 0,2 мм до 1,8 мм глубина неровностей возрастает примерно на 900 мк. Изменение подачи на резец U_z в пределах от 0,04 мм до 0,2 мм при поперечном пилении приводит к росту глубины неровностей в среднем на 2000 мк.

6. При увеличении подачи на резец U_z в диапазоне от 0,2 мм до 1,8 мм величина отклонения Δ возрастает на 1,1 мм.

7. Влияние пути резца в древесине L на качество обработки имеет нелинейный характер. При продольном пилении древесины с возрастанием пути резца от 16 км до 24 км глубина неровностей увеличивается примерно на 100 мк. Изменение пути резца в древесине L от 5 км до 25 км приводит к возрастанию глубины неровностей на поверхности торцев в среднем на 200 мк. При изменении пути резца в древесине от 0 до 24 км величина отклонения Δ возрастает на 4 мм.

8. При продольном пилении древесины дисковыми пилами увеличение кинематического угла встречи на выходе пилы из пропила $\theta_{\text{вых}}$ от 60° до 70° приводит к росту глубины неровностей примерно на 80 мк.

9. С увеличением кинематического угла встречи θ на один градус в диапазоне от 55° до 75° величина отклонения от номинального размера возрастает в среднем на 0,07 мм.

10. На величину отклонения от номинального размера доминирующее влияние оказывает толщина пилы t . Уменьшение толщины пилы t на 0,2 мм приводит к увеличению величины отклонения Δ на 1 мм.

11. При изменении высоты пропила H от 10 мм до 120 мм величина отклонения Δ возрастает примерно на 2,2 мм.

12. При продольном пилении древесины появлению мшистости способствует увеличение подачи на резец U_z , высоты пропила H , пути резца в древесине L и уменьшение угла встречи θ .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные зависимости качественных характеристик явились исходным материалом при разработке технических материалов по пиленю древесины хвойных пород дисковыми пилами. Результаты исследований могут быть использованы при планировании технологических режимов и норм, проектировании станков и других работах.

При переходе лесопильно-деревообрабатывающей промышленности к системам автоматического управления производственными процессами полученные зависимости могут быть использованы для разработки математической модели процессов пиления древесины дисковыми пилами.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях:

1. Чистота поверхности торцев при пилении древесины круглыми пилами. Научные отчеты ЦНИИМОД, 1963.
2. Изменение глубины рисок по высоте пропила. М., ЦНИИТЭИлеспром, МОД, 1967, № 18.
3. Исследование чистоты поверхности при поперечном пилении древесины с помощью многофакторного эксперимента. Рефераты докладов научно-технической конференции, МЛТИ, 1968 (в соавторстве с А.А.Пижуриним).
4. Чистота обработки при продольном пилении древесины дисковыми пилами. ЦНИИМОД, 1968 (в соавторстве с А.А.Пижуриним и В.Р.Фергиним).
5. Точность обработки при продольном пилении древесины дисковыми пилами. ЦНИИМОД, 1968 (в соавторстве с

* Результаты исследований были положены в основу РТМ по пиленю древесины хвойных пород дисковыми пилами, разработанных МЛТИ.

А.А.Пижуриным, В.Р.Фергиным и Л.В.Поддубной).

6. Чистота обработки при поперечном пилении древесины дисковыми пилами. Научные труды ЦНИИМОД, выпуск 22, 1969 (в соавторстве с А.А.Пижуриным).
7. Качественные характеристики процесса продольного пиления древесины дисковыми пилами. М., ЦНИИТЭИлеспром, МОД, 1969, № 7 (в соавторстве с А.А.Пижуриным, В.Р.Фергиным и Л.В.Поддубной).
8. Качество обработки торцев пиломатериалов. М., ЦНИИТЭИлеспром, МОД, 1969, № 8 (в соавторстве с А.А.Пижуриным).

Сл. 01915. Подписано к печати 7.17.1969г. Печ.листов 1,4
Тираж 150 экз. Заказ 23 б.

Архангельск, Набережная В.И. Ленина, 112
Ротпринт ЦНИМОД