

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

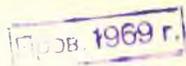
674.05  
К 76

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 421

"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 пиленiu 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 ( $\chi^2$ ).

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 ОТСЕИВАЮЩИХ 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  $\gamma$ .

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/см<sup>3</sup>;  $L = 10$  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  $\gamma$  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  $\theta$  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  $\theta$ , 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  $\gamma$ , состояние влаги в древесине, высота пропила  $H$ .

Зависимость глубины неровностей  $H_{\text{макс. ср.}}$  от подачи  $U_2$  ( $\gamma = 0,47$  г/см<sup>3</sup>;  $L = 5$  км) имеет вид:

при распиловке тадой древесины:

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

$$m = \bar{I} \quad 36 \text{ мк};$$

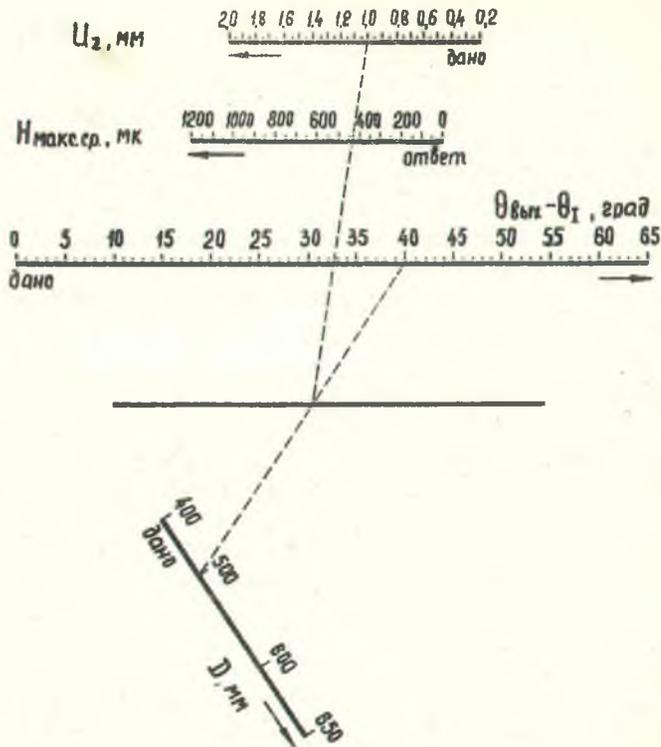


Рис.7. Номограмма для определения глубины неровностей по высоте пропила в зависимости от подачи на зуб, кинематического угла встречи и диаметра вилы.

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  $\gamma$  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  $\theta$  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 резца в древесине  $L$ , кинематический угол встречи на выходе пилы из пропила  $\theta$  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  $\theta$ . 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:

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

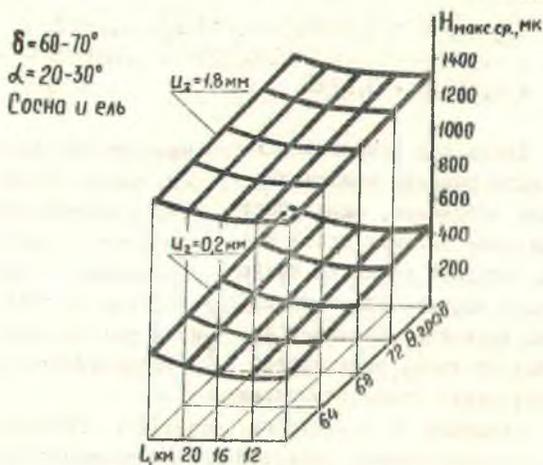


Рис.2. Зависимость глубины неровностей  $H_{\text{макс ср}}$  от подачи на резец  $u_2$ , пути резца в древесине  $L$  и кинематического угла встречи  $\theta$ .

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  $\theta$ , 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  $\Delta$  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  $\Delta$  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  $\alpha_z$ , пути реза в древесине  $L$ , высоты пропила  $H$ , числа зубьев  $z$  и кинематического угла встречи  $\theta$  на выходе

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

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

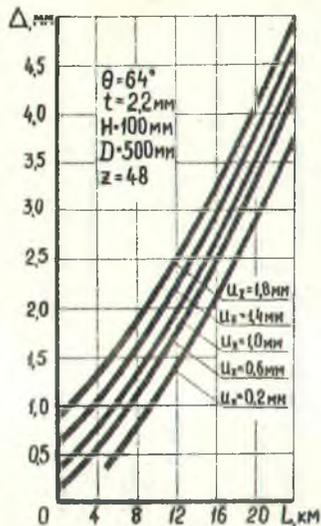


Рис.3. Зависимость величины отклонения  $\Delta$  от пути реза в древесине  $L$  и подачи на резец  $u_z$ .

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  $\Delta$  практически линейно, а влияние пути реза в древесине имеет ярко выраженный нелинейный характер, причем, по мере затупления пилы интенсивность роста  $\Delta$  возрастает.

5. ЧИСТОТА ОБРАБОТКИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ПИЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ

Чистоту обработки при поперечном пилении древесины дисковыми пилами изучали в зависимости от подачи на резец  $u_z$ , пути реза в древесине  $L$ , объемного веса древесины  $\gamma$  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

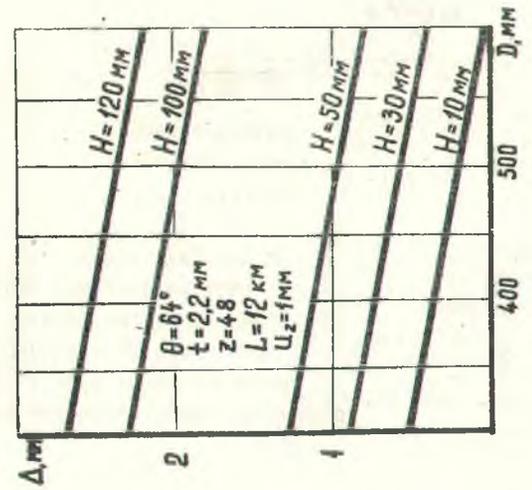
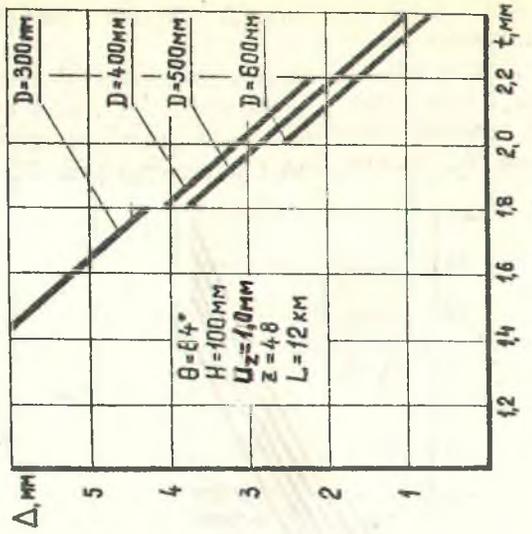
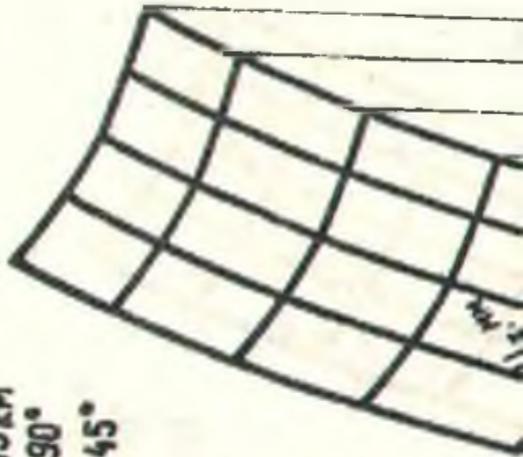


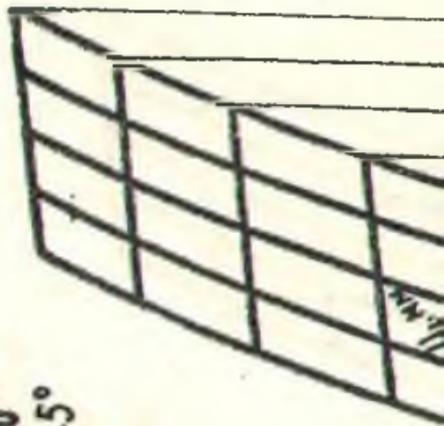
Рис. 4. Зависимость величины  $\Delta$  от диаметра пил  $D$  и высоты пропила  $H$  (а); толщины  $t$  и диаметра пил  $D$  (б).

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



$H_{\text{max ep, MK}}$   
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 ( $\delta_4$  и  $\delta_{44}$  малы).

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

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

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  $\gamma$  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  $\gamma$ ; 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  $\Delta$  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  $\Delta$  возрастает на 4 мм.

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

9. С увеличением кинематического угла встречи  $\theta$  на один градус в диапазоне от  $55^\circ$  до  $75^\circ$  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  $\Delta$  на 1 мм.

11. При изменении высоты пропила  $H$  от 10 мм до 120 мм величина отклонения  $\Delta$  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  $\theta$ .

## 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.IV.1969г. Печ.листов 1,4  
Тираж 150 экз. Заказ 23 б.

---

Архангельск, Набережная В.И. Ленина, 112  
Ротепринт ЦНИИМОД