

674
П44

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт имени С. М. Кирова

На правах рукописи

ПОДДУБНАЯ Любовь Васильевна

674.053:621.935(043.3)

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ПИЛЕНИИ ЛЕНТОЧНЫМИ ПИЛАМИ

Специальность 05.21.01. Процессы и технология
лесопромышленности, лесозаготовок, лесного хозяйства,
лесопильных и деревообрабатывающих производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва — 1977

Работа выполнена в лаборатории переработки низкокачественной древесины Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ).

Научный руководитель —

кандидат технических наук А. Е. Феоктистов

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук **Р. Е. Калитеевский**
доцент, кандидат технических наук **В. И. Микулинский**

Ведущая организация — Центральный научно-исследовательский институт механической обработки древесины (ЦНИИМОД).

Защита состоится *26 октября* 1977 г. в *10* часов на заседании специализированного совета К-497/2 по присуждению ученой степени кандидата наук в Белорусском технологическом институте имени С. М. Кирова.

Адрес: 220630, Минск, ул. Свердлова, 13а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского технологического института им. С. М. Кирова.

Автореферат разослан *26 сентября* 1977 г.

**Ученый секретарь специализированного
совета, доцент, кандидат
технических наук**

Грушевская Е. А.

Е74
П44

КНХ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

А к т у а л ь н о с т ь п р о б л е м ы. Наряду со стремлением более полно использовать заготавливаемую древесину актуальной задачей, стоящей перед деревообрабатывающей промышленностью, является повышение качества пилопродукции. Наиболее перспективным оборудованием являются ленточнопильные станки, имеющие ряд преимуществ по сравнению с другими типами станков аналогичного назначения.

Качество пиломатериалов, выпиленных на ленточнопильных станках, характеризуется шероховатостью поверхности, точностью геометрических форм и прямолинейностью пропила.

Из литературного обзора известно, что такой показатель качества, как шероховатость поверхности пиломатериалов, выпиленных на ленточнопильных станках, мало исследован. В данной работе количественно оценено изменение шероховатости поверхности пиломатериалов от действия важнейших факторов. Одним из главных результатов исследования является обоснованное сокращение припусков на дальнейшую обработку за счет уменьшения шероховатости поверхности пиломатериалов.

Ц е л ь р а б о т ы. Количественно оценить шероховатость поверхности пиломатериалов в зависимости от действия важнейших факторов. Разработать режимы пиления, которые позволят сократить расход сырья на единицу пилопродукции.

Н а у ч н а я н о в и з н а. 1. Выявлены условия, при которых имеется вероятность образования шероховатости поверхности пиломатериалов за счет удельного давления боковых лезвий и граней зубьев на стенки пропила. 2. Установлен объем опилок, выносимых зубьями ленточной пилы из пропила при различных условиях распиловки. 3. Установлены предельные подачи на зуб в зависимости от высот пропила и шагов зубьев, при которых объем опилок накапливающийся в межзубовой впадине еще не сказывается на шероховатости поверхности пиломатериалов. 4. Получено математическое описание шероховатости поверхности пиломатериалов ленточнопильной распиловки. 5. Дана количественная оценка влияния важнейших факторов на шероховатость поверхности пиломатериалов. 6. Разработаны режимы пиления лесоматериалов на ленточнопильных станках, обеспечивающие соответствующий класс шероховатости поверхности пиломатериалов с высокой достоверностью.

П р а к т и ч е с к а я ц е н н о с т ь р а б о т ы. В результате исследований выявлена возможность снизить общий припуск на дальнейшую обработку от 0,8 до 1,5 мм по толщине и ширине изделия, за счет уменьшения шероховатости обработанной поверхности пиломате-

4611ар

риалов выявлена возможность годовой экономии сырья, из которого выработана дополнительная продукция на сумму 4571 руб.

А п р о б а ц и я р а б о т ы. Материалы работы доложены:

1. На научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов МЛТИ, 1969, 1971.

2. На научно-технической конференции Минлеспрома СССР, Химки, 1973.

3. На семинаре "Совершенствование дереворежущего инструмента" НТО лесной промышленности, Ленинградский Дом научно-технической пропаганды, 1976.

О б ъ е м р а б о т ы. Диссертационная работа состоит из 5 глав, выводов и рекомендаций по результатам исследований и 10 приложений. Основной материал изложен на 149 страницах машинописного текста, иллюстрирован 60 рис. и 38 табл. Список использованной литературы содержит 60 наименований. Приложения состоят из 45 страниц машинописного текста. Имеется акт внедрения.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Исследованиями процесса пиления древесины ленточными пилами занимались в СССР А.Л.Бершадский, Б.М.Буглай, С.А.Воскресенский, А.Э.Грубе, М.А.Дешевой, Е.Г.Ивановский, Ф.М.Манжос, А.Е.Феоктистов и др.; за рубежом: Р.Келлер, П.Кох, Б.Тунел и др. Большинство из проведенных исследований посвящено проблеме повышения устойчивости пильных полотен и выявлению технологических и силовых параметров распиловки. Шероховатость поверхности исследовалась, в основном, на пиломатериалах, выпиленных на лесопильных рамах и круглопильных станках.

Работы, посвященные изучению шероховатости поверхности пиломатериалов ленточнопильной распиловки, практически отсутствуют. Анализ результатов исследований процессов рамной распиловки древесины показал, что основными факторами, влияющими на шероховатость поверхности пиломатериалов являются: подача на зуб, высота пропила, скорость резания, степень затупления зубьев, порода древесины и др. Можно предположить, что эти факторы будут значимы и при исследовании шероховатости поверхности пиломатериалов, выпиленных на ленточнопильных станках, так как траектория движения зубьев и характер резания относительно волокон у них близки. В ранее проведенных работах оценка шероховатости поверхности пиломатериалов производилась на образцах различных размеров, разнообразными методами (от ви-

зуальной оценки до метода теневое сечения); что не могло не сказаться на результатах исследований! Недостаточно изучено влияние линейных и угловых размеров зубьев ленточных пил на шероховатость поверхности пиломатериалов. Недостаточно изучено влияние на шероховатость поверхности пиломатериалов таких факторов, как вид ущирения режущих кромок зубьев (развод или плетение), характер и степень заполнения опилками межзубовых впадин, затупление боковых лезвий зубьев, изменение удельного давления со стороны боковых граней зубьев.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными задачами исследования являются:

1. Оценка шероховатости поверхности пиломатериалов в зависимости от:
 - линейных и угловых размеров зубьев;
 - продолжительности и характера затупления зубьев ленточных пил;
 - удельного давления со стороны боковых граней зубьев на стенки пропила с ростом подачи на зуб и их затупления;
2. Определение лучшего способа подготовки зубьев к работе с учётом продолжительности пиления и шероховатости поверхности пиломатериалов.
3. Разработка режимов пиления.
4. Определение экономической эффективности от внедрения результатов работы.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Силы, действующие со стороны зубьев ленточной пилы на древесину, принято разделять на две суммарные составляющие: нормальная и касательная относительно вектора скорости резания (рис. I). Величины касательной и нормальной составляющей суммарной силы резания при необходимости могут быть определены экспериментально или подсчитаны по формулам, приведенным в работах А.Д.Бершадского, С.А.Воскресенского, Е.Г.Ивановского и др. Пиление ленточными пилами в настоящее время изучено недостаточно. На шероховатость поверхности пиломатериалов существенное влияние оказывают: давление со стороны боковых граней и лезвий зубьев пил, а также заполнение межзубовых впадин опилками по мере увеличения подачи на зуб и высоты

пропила. Величина давления со стороны боковых граней зубьев на стенку пропила определяется путём преобразования формул С.А.Воскресенского, разработанных для продольного пиления, т.е.

$$P_{\partial r} = f_j C_{\#} P_{\partial n} (F_{rn} + F_{rl}) \quad (1)$$

где F_{rn} и F_{rl} — площади контакта правой и левой боковых граней зубьев с древесиной, мм;
 f_j — коэффициент трения древесины по древесине;
 $C_{\#}$ — коэффициент упругости при сжатии поперёк волокон, Н/мм²;
 $P_{\partial n}$ — радиус закругления бокового лезвия резца, мм.

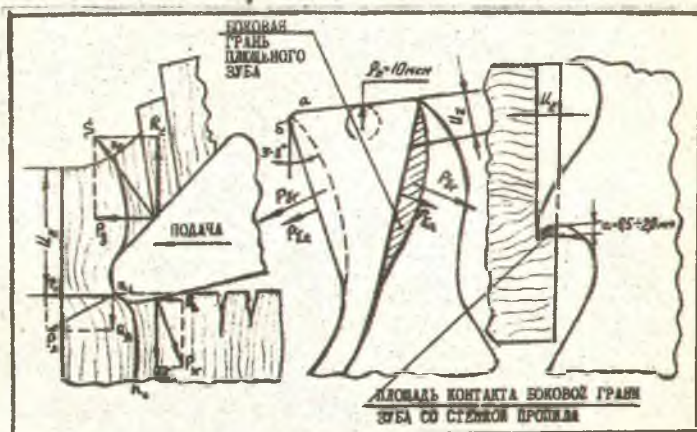


Рис. 1. Взаимодействие резца с древесиной

В зависимости от того, плоские или разведенные зубья, площади контакта определяются по-разному. Для разведенных зубьев площади контакта по правой и левой боковым граням определяются по формулам:

$$F_{rn} = \frac{U_z^2}{2} (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \delta) \quad (2)$$

$$F_{rl} = 2U_z^2 (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \delta) \quad (3)$$

где U_z — подача на зуб, мм; α — задний угол, град; δ — угол резания, град.

Для плоских зубьев имеем $F_r = \frac{U_z^2}{2} (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \delta) \quad (4)$

Так как для плеченого зуба $F_m = F_{rn}$, то формула (I) принимает вид:

$$P_{\delta r} = 2 f_{\delta} C_n P_{\delta n} F_r \quad (5)$$

Величины углов обычно принимаются равными $\alpha = 12^\circ$, $\delta = 65^\circ$, тогда $ctg 12^\circ - ctg 65^\circ = 4,24$ и величина $F_r = 2,12 \text{ мм}^2$.

Расчет сил, действующих со стороны одной из боковых граней разпа и деформирующих древесину для нашего конкретного случая ведется по формулам:

для плеченых зубьев

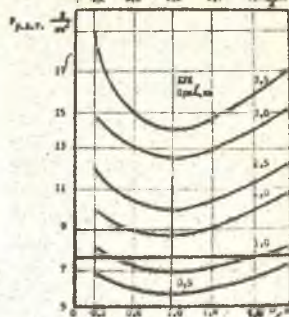
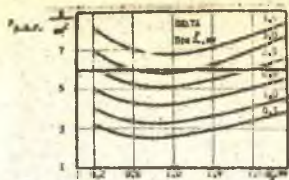
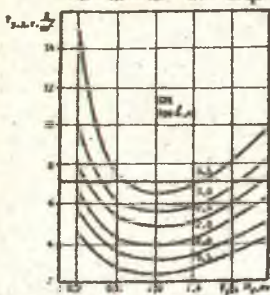
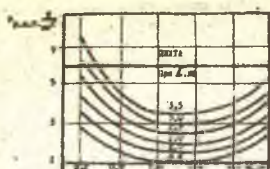
$$0,5 P_{\delta r_{пл}} = 1,06 C_n P_{\delta n} U_z^2 \quad (6)$$

для разведенных зубьев

$$0,5 P_{\delta r_{раз}} = 2,66 C_n P_{\delta n} U_z^2 \quad (7)$$

По преобразованным формулам С.А. Воскресенского рассчитано усилие подрезания древесины боковыми лезвиями поперёк волокон. Для этого расчётом путем определены радиусы закругления боковых лезвий зубьев $P_{\delta n}$. Правильность расчёта $P_{\delta n}$ определена экспериментальным путём для острых и тупых зубьев.

Для перехода от сил, действующих со стороны боковых граней и боковых лезвий зубьев на древесину к удельным давлениям, действующим на площадь (Н/мм^2), требуется определить площадь, через которую сила давит на стенку пропила. Эта площадь зависит от способа уширения режущей кромки. Если зубья пилы плеченые, то сила передается на стенки пропила через поверхность образованную формированием плеченой лопаточки зуба (рис. I). Сила, действующая со стороны боковой поверхности зуба на стенку пропила, передается не через всю площадь боковой грани, а через ту ее часть, которая находится в данный момент в контакте с древесиной (рис. I). Определяется площадь контакта как площадь треугольника, основание которого равно линии, пересекающей боковую поверхность формированной лопатки на расстоянии U_z от вершины зуба (переднего лезвия), на 0,5 а. Таким образом длина линии пересечения боковой грани a зависит от ширины боковой грани и от величины подачи на зуб. Теоретические зависимости удельного давления боковой грани и боковых лезвий на древесину от подачи на зуб и степени затупления пилы для свежесрубленной древесины пихты и бука при работе плечеными и разведенными зубьями изображены на рис. 2.



а - плоские зубья

б - разведенные зубья

Рис. 2. Влияние подачи на зуб и продолжительности работы пилы на удельное давление со стороны боковых граней зубьев на стенки пропила

Прямые, параллельные оси абсцисс, проведенные на уровне 6 Н/мм^2 для древесины пихты и $7,6 \text{ Н/мм}^2$ - для древесины бука, характеризуют предел прочности древесины при скалывании поперек волокон. При распиловке древесины бука с подачами на зуб до $0,24$ - $0,3 \text{ мм}$, вырыв волокон древесины за счет давления боковых граней, появляется через два часа работы станка (рис. 2, б). По мере затупления зубьев вероятность возрастания шероховатости поверхности пропила увеличивается. При пиловке древесины пихты с малыми подачами на зуб, вырыв волокон, за счет давления со стороны боковых граней зубьев, появляются через 2,5 часа работы станка. При увеличении подачи на зуб, вероятность ухудшения шероховатости поверхности обработки за счет изменения давления со стороны боковых граней зубьев сначала снижается, а затем плавно возрастает. Это объясняется тем, что при малых подачах на зуб относительно большое усилие со стороны боковой грани зуба, концентрируется на малой поверхности контакта (рис. 1). С увеличением подачи на зуб, площадь контакта растет быстрее, чем боковое давление грани на стенки пропила. Так продол-

жает до достижения определенного значения u_z . При дальнейшем увеличении u_z скорость роста $P_{\delta r}$ превышает скорость увеличения площади контакта. $P_{y.d.r.}$ вновь начинает возрастать. Это вызывает седлообразный характер кривых $P_{y.d.r.}$ в зависимости от u_z (рис. 2).

Для теоретического определения предельной подачи на зуб, при которой давление прессуемых в межзубовой впадине опилок еще не сказывается на шероховатости поверхности пиломатериалов, были проведены специальные расчеты. Для уточнения расчетов были проведены опыты по выявлению количества опилок, выносимых зубьями в процентном отношении к их общему объему.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании изучения степени влияния различных факторов на образование шероховатости обработанной поверхности и анализа результатов обработки априорной информации для проведения эксперимента в качестве переменных факторов были выбраны следующие: подача на зуб, высота пропила, затупление пилы, ширина пилы, шаг зубьев и передний угол зубьев. Такие факторы, как задний угол, усиление натяжения пилы, толщина полотна пилы, скорость резания, влажность древесины и др. приняты постоянными.

Для определения количественных показателей шероховатости поверхности и мощности при распиловке свежесрубленной древесины разных пород проведены основные и дополнительные эксперименты. Причем основные эксперименты проводились в 2-е серии. Целью первой серии исследований являлось определение оптимальных угловых параметров и шага зубьев пилы с точки зрения шероховатости поверхности пропила. Опыты первой серии позволяют также оценить действие сил удельного давления со стороны боковых граней и боковых лезвий по мере их затупления на образование и степень шероховатости поверхности обработки. Вторая серия и дополнительные опыты спланированы с учетом результатов опытов первой серии. В основу первой и второй серии основного эксперимента положено центральное композиционное униформ-ротатабельное планирование второго порядка. Матрицы планирования экспериментов представлены в табл. 1, 2, 3.

Опыты проведены в Гузерипильском леспромхозе (станок типа ЛБ-150) и на Красноярском ДОКе № 3 (станок ЛБ-240). Для опытов были приняты новые ленточнопильные станки, выверенные в соответствии с едиными техническими условиями установки и эксплуатации.

Шероховатость поверхности пиломатериалов замерялась в 20 наилуч-

Таблица 1

Матрица планирования опытов I серии

Наименование факторов	Обозначение факторов	Ед. изм.	Код факторов	Шаг варьирования	Уровни варьирования				
					-2	-I	0	+I	+2
Подача на зуб	U_2	мм	X_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Высота пропила	H	мм	X_2	100	300	400	500	600	700
Передний угол	γ	град.	X_3	5	10	15	20	25	30
Шаг зубьев	t	мм	X_4	10	30	40	50	60	70

Таблица 2

Матрица планирования опытов II серии

Наименование факторов	Обозначение факторов	Ед. изм.	Код факторов	Шаг варьирования	Уровни варьирования				
					-2	-I	0	+I	+2
Подача на зуб	U_2	мм	X_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Высота пропила	H	мм	X_2	100	300	400	500	600	700
Путь зуба в древесине	L	мм	X_3	0,75	0,5	1,25	20	2,75	3,5
Ширина пильной ленты	B	мм	X_4	20	140	160	180	200	220

Таблица 3

Матрица планирования дополнительных опытов

Наименование факторов	Обозначение факторов	Ед. изм.	Код факторов	Шаг варьирования	Уровни варьирования				
					-2	-I	0	+I	+2
Подача на зуб	U_2	мм	X_1	0,4	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
Высота пропила	H	мм	X_2	200	200	400	600	800	1000
Путь зуба в древесине	L	мм	X_3	0,75	0,5	1,25	2,0	2,75	3,5
Ширина пильной ленты	B	мм	X_4	30	230	260	290	320	350

ших, определенных визуально, точках доски. Для замеров шероховатости был использован микроскоп ТСП-4. Замеры мощности резания производились ваттметром Н-377. При определении радиусов закругления переднего и боковых лезвий использовались сленки из специальной пасты "К". Для рассмотрения сленков применялся микроскоп МИС-II с 50 кратным увеличением. Определение числа параллельных опытов в эксперименте и первичная обработка результатов выполнены с использованием методов математической статистики. Обработка результатов опытов проведена на ЭВМ Минск-22 и БЭСМ-3М. В результате обработки получены математические модели в виде полиномов 2-го порядка.

Для определения влияния затупления зубьев и заполнения межзубовой впадины, дефектов подготовки зубьев пилы на шероховатость поверхности пиломатериалов были проведены дополнительные эксперименты.

Проведение работ по исследованию затупления режущих лезвий зубьев ленточной пилы осуществлялось по методике и под руководством заведующей лабораторией ВНИИинструмента к.т.н. Рыбалко В.С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам опытов I серии получены уравнения регрессии, описывающие шероховатость поверхности пиломатериалов из древесины пихты:

для плоских зубьев:

$$y_1 = 1150 + 78x_1 + 17x_2 - 141x_3 + 109x_4 + 5x_1x_2 + 27x_1x_3 - 15x_1x_4 - 85x_2x_3 - 11x_2x_4 - 2x_3x_4 + 21x_1^2 - 6x_2^2 + 62x_3^2 + 114x_4^2, \quad (8)$$

для разведенных зубьев:

$$y_2 = 1339 + 86x_1 + 13x_2 - 211x_3 + 117x_4 + 4x_1x_2 + 25x_1x_3 - 15x_1x_4 - 84x_2x_3 - 12x_2x_4 - 3x_3x_4 - 22x_1^2 - 19x_2^2 + 140x_3^2 + 74x_4^2. \quad (9)$$

Вторая серия опытов была поставлена при $t = 60$ мм и $\delta = 25^\circ$ пилами с плоскими зубьями. По результатам этой серии опытов были получены следующие уравнения регрессии:

для древесины бука

$$y_3 = 547 + 102x_1 + 43x_2 + 45x_3 - 33x_4 + 18x_1x_2 - 2x_1x_3 - 9x_1x_4 - 9x_2x_3 + 8x_2x_4 + 4x_3x_4 + 24x_1^2 + 4x_2^2 + 7x_4^2, \quad (10)$$

для древесины пихты

$$y_4 = 1264 + 167x_1 + 68x_2 + 71x_3 - 47x_4 + 2x_1x_2 - 20x_1x_3 - 30x_1x_4 - 2x_2x_3 + 18x_2x_4 + 6x_3x_4 + 39x_1^2 + 36x_2^2 + 10x_3^2 + 8x_4^2 \quad (\text{II})$$

Дополнительные опыты были поставлены также при $t = 60$ мм и $\delta = 25^\circ$ пилами с плечеными зубьями. По результатам этих опытов получено следующее уравнение регрессии:

для древесины сосны

$$y_5 = 1500 + 140x_1 + 50x_2 + 100x_3 - 42x_4 + 20x_1x_2 - 6x_1x_3 - 19x_1x_4 - 12x_2x_3 + 10x_2x_4 + 5x_3x_4 + 28x_1^2 + 14x_2^2 + 20x_3^2 + 10x_4^2 \quad (\text{12})$$

По результатам II серии опытов получены математические модели, описывающие мощность резания:

для древесины пихты

$$y_6 = 15,30 + 1,86x_1 + 3,70x_2 + 1,88x_3 - 0,93x_4 - 0,69x_1x_2 + 0,36x_1x_3 - 0,26x_1x_4 + 0,56x_2x_3 - 0,11x_2x_4 + 0,35x_3x_4 + 0,46x_1^2 + 0,26x_4^2 \quad (\text{13})$$

для древесины бука

$$y_7 = 16,40 + 3,53x_1 + 4,12x_2 + 1,18x_3 - 0,98x_4 + 0,53x_1x_2 + 0,32x_1x_3 + 0,25x_2x_3 - 0,29x_2x_4 + 0,38x_3x_4 - 0,18x_1^2 + 0,36x_2^2 - 0,19x_3^2 + 10x_4^2 \quad (\text{14})$$

Уравнения адекватны по F -критерию Фишера с 5% уровнем значимости. Значимость коэффициентов проверялась по t -критерию Стьюдента.

Из уравнения можно подсчитать величину шероховатости поверхности пиломатериалов в зависимости от исследуемых факторов в данных диапазонах варьирования. Из рис. 3, полученного по уравнениям (8) и (9) видно, что высота пропила в пределах от 300 до 700 мм на величину шага заметного влияния не оказывает. Однако, явно просматривается тенденция на увеличение шероховатости поверхности пиломатериалов с ростом высоты пропила. На рис. 4 изображена зависимость $R_{z \max} = f(H, U_2)$, полученная из уравнений (8) и (9). Из этого рисунка следует, что изменение высоты пропила на шероховатость поверхности пиломатериалов практического влияния не оказывает до тех пор, пока впадина между зубьями не загружена. Так, например, при изменении высоты пропила вдвое (от 300 до 600 мм) $R_{z \max}$ изменяется от 50 до 80 мкм.

Согласно рис. 3, 4 лучшие результаты по шероховатости поверхности пиломатериалов при всех прочих равных условиях были получены при

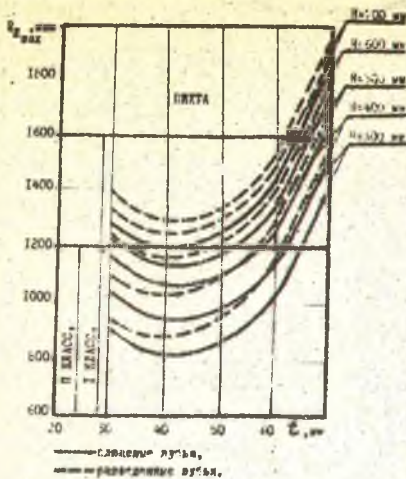


Рис. 3. Влияние шага зубьев и высоты прогиба на R_{2max}

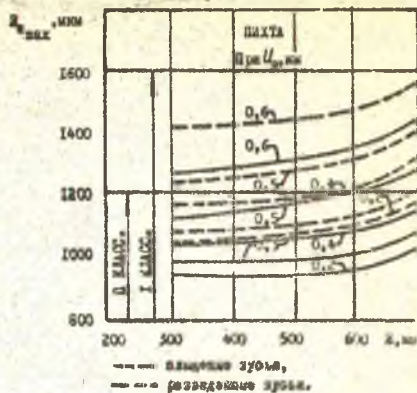


Рис. 4. Влияние высоты прогиба и подачи на зуб на R_{2max}

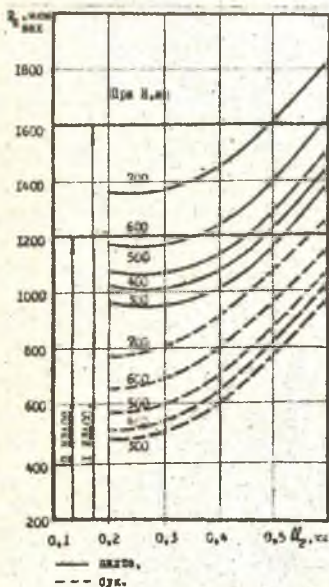


Рис. 5. Влияние подачи на зуб и высоты прогиба на R_{2max}

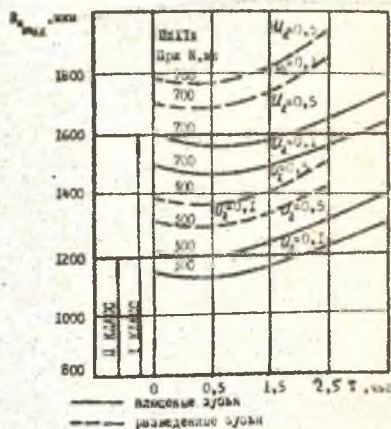


Рис. 6. Влияние продолжительности работы дилы и подачи на зуб на R_{2max}

работе пилами с плоскими зубьями.

На рис. 5. изображена зависимость $R_{z,max} = f(u_2, H)$ для пиломатериалов, полученных из древесины пихты и бука (уравнения IО, II). Из этих графиков следует, что преобладающее влияние на шероховатость поверхности пиломатериалов оказывает подача на зуб. На рис. 6 изображена зависимость $R_{z,max} = f(T, u_2)$ для пиломатериалов полученных из древесины пихты. Анализ этих зависимостей показывает, что разведенные зубья при всех прочих равных условиях с увеличением затупления дают значительно большую шероховатость поверхности пиломатериалов, чем плоские. Эта разница достигает примерно 250 мкм.

Из графиков, изображенных на рис. 6 следует, что значительное влияние на $R_{z,max}$ оказывает продолжительность пиления, т.е. затупление режущих лезвий. На рис. 7. изображена зависимость $N_{потр} = f(u_2, H)$ при получении пиломатериалов из древесины пихты и бука.

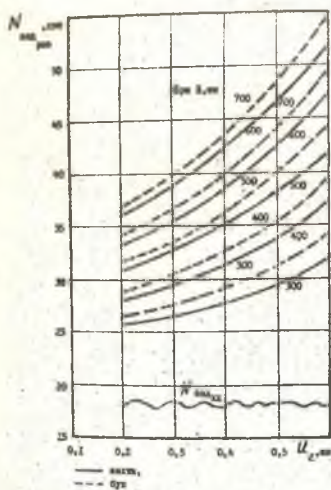


Рис. 7. Влияние подачи на зуб и высоты пропила на мощность резания.

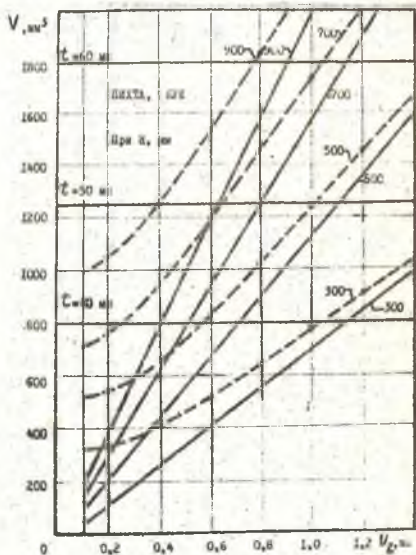


Рис. 8. Номограмма для определения предельных подач на зуб в зависимости от их шага и высоты пропила.

Из рис. 7 следует, что высота пропила оказывает большее влияние

на мощность резания, чем подача на зуб. При пилении древесины бука мощность пиления больше, чем при пилении древесины пихты.

Исследованиями установлено, что радиус закругления R_1 острого переднего лезвия зуба ленточной пилы находится в пределах 8-10 мкм. Для тупой пилы радиус закругления составил 75-85 мкм. Радиусы закругления $R_{об}$ острых боковых режущих лезвий составляют 85-95 мкм, а для тупых 130-160 мкм.

С помощью стробоскопии и киносъёмки было зафиксировано количество опилок, оставшихся в межзубовых впадинах. При этом учитывалось количество просыпавшихся опилок между стенками пропила и полотном пилы.

Результаты опытов и расчетов позволили установить фактическое количество опилок, оставшихся во впадине и коэффициент их разрушения в зависимости от U_z и H при разных t , т.е. для разного объема межзубовой впадины.

Предельное значение подачи на зуб, при которой пресование опилок еще не начинается, может быть найдено по номограмме показанной на рис. 8.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Основным показателем производительности ленточнопильных станков всех типов является скорость подачи лесоматериалов в распиловку (подача на зуб). Определение оптимальной подачи на зуб может быть найдено решением уравнений регрессии (I0), (II), (I2). Введение в эти уравнения ограничений по шероховатости поверхности пиломатериалов, при конкретных значениях различных факторов дает возможность получить величину U_{zmax} при данных условиях распиловки. Зная величину U_{zmax} и скорость резания можно определить скорость подачи для данного станка. Таким образом можно рассчитать режимы пиления для ленточнопильных станков. Расчет режимов работы произведен для ленточнопильных станков типа ЛБ-150 и ЛБ-240 при использовании пил с плещеными зубьями третьего профиля, с шагом 60 мм, передним углом 25° , задним углом $12-14^\circ$. Натяжение полотна пилы было постоянным и вызывало напряжение в полотне пилы 120 Н/мм^2 . При расчете режимов пиления использованы уравнения (I0), (II), (I2). Так как искомым является величина подачи на зуб,

то значения основных факторов, входящих в уравнения, стабилизировались на соответствующих уровнях. Для каждой определенной величины рассчитывался свой диапазон скоростей. В качестве примера в табл. 4 приведены результаты расчетов для станков типа ЛБ-150 при толщине пилы, равной 1,6 мм для распиловки древесины бука пилами шириной 180 и 160 мм с условием получения $R_{2max} = 800$ мкм при $V = 32$ м/с. Такой расчет может быть произведен для различных скоростей резания.

Таблица 4

Скорость подачи для получения поверхности пропила, соответствующей III-му классу шероховатости при распиловке свежесрубленной древесины бука пилой толщиной 1,6 мм (Ограничения: $R_{2max} = 800$ мкм)

Ширина ленточной пилы, мм	Высота пропила, мм	Продолжительность непрерывной работы пилы, мин				
		30	60	120	180	210
		Скорость подачи, м/мин.				
I	2	3	4	5	6	7
180	200	35	34	33	32	31
	300	35	34	32	31	30
	400	34	33	31	30	29
	500	34	32	30	29	28
	600	33	31	30	28	27
	700	33	30	29	27	26
	800	32	29	28	27	25
160	200	32	31	29	26	25
	300	32	31	29	27	24
	400	30	30	28	26	24
	500	29	29	27	25	23
	600	24	23	22	21	20
	700	22	20	20	19	19
	800	20	19	18	17	18

Учитывая производительность станка, стоимость сырья и продукции, подсчитан экономический эффект от внедрения результатов исследования.

При распиловке древесины бука на мебельные заготовки экономический эффект составляет 4 + 8 тыс. руб. в год на один станок в зависимости от фактической спецификации и объема вырабатываемых заготовок за год.

При апробации режимов пиления, основанных на рекомендуемых скоростях подачи в Гузерипльском лесопромхозе, фактический экономический эффект составил 4571,5 руб. в год на один ленточнопильный станок при неполной его загрузке, о чем составлен соответствующий акт внедрения.

В В О Д Ы

1. Результаты исследований позволяют количественно оценить влияние важнейших технологических факторов на шероховатость поверхности пиломатериалов ленточнопильной распиловки.

При распиловке мягкой и вязкой свежесрубленной древесины пихты шероховатость поверхности пиломатериалов начинает превышать допустимые стандартом пределы при работе среднетупленной пилой (2 часа работы) с подачей на зуб 0,6 + 0,7 мм ;

При подаче на зуб более 0,9 мм, даже при работе острыми пилами шероховатость поверхности пиломатериалов достигает 1600+1800 мкм и более.

2. Установлено, что при работе с большой подачей на зуб тупыми боковыми лезвиями зубьев пил, удельное давление со стороны боковых граней превышает предел прочности древесины на скалывание поперек волокон, что ведет к резкому ухудшению шероховатости пропила.

3. Построена номограмма, позволяющая определять предельную величину подачи на зуб при заданных высоте пропила, шаге зуба, характеризующего объем межзубовой впадины.

4. Теоретически и экспериментально определены радиусы закругления боковых и переднего режущих лезвий и форма кончиков зубьев за период между переточками (для острых пил $R_{\text{дн}} = 8 + 10$ мкм, $R_{\text{дн}} = 85 + 95$ мкм).

5. Теоретически рассчитано и экспериментально подтверждено преимущество пильных зубьев перед разведенными.

6. Определены предельные подачи на зуб из условий минимальных энергозатрат.

7. В результате экспериментальных исследований получены математические модели, описывающие шероховатость поверхности пиломатериалов и мощность затрачиваемую на пиление.

8. Расчеты, произведенные по математическим моделям позволили установить величину и выявить характер влияния различных факторов на шероховатость поверхности пиломатериалов.

9. Разработаны режимы пиления для двух типов ленточнопильных станков с ограничениями по шероховатости поверхности пиломатериалов.

10. Установлено, что для пиления свежесрубленной древесины с высотой пропила до 1000 мм и скоростью резания от 32 до 40 м/с рекомендуется применять пилы с шагом 60 мм для плоских зубьев и пилы с шагом 40-45 мм для разведенных зубьев.

11. Для уменьшения энергозатрат, достижения наилучших условий загрузки межзубовой впадины и гарантированного получения шероховатости поверхности пиломатериалов в пределах требований стандарта при пилении свежесрубленной древесины на станках типа ЛБ-150, целесообразно работать с подачами на зуб в пределах 0,4 + 0,7 мм.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Поддубная Л.В. Об объективном методе обработки априорной информации при исследовании чистоты поверхности распила на бревенчатых ленточнопильных станках. Рефераты докладов н/т конференции, МЛТИ, 1969.
2. Поддубная Л.В. Исследование процесса продольного пиления широкими ленточными пилами с помощью факторного эксперимента. Рефераты докладов н/т конференции, МЛТИ, 1971.
3. Поддубная Л.В. Шероховатость поверхности пиломатериалов при распиловке бревен на ленточнопильных станках. Научные труды № 56, МЛТИ, 1973.
4. Поддубная Л.В. (соавторы Пижурин А.А., Розенблит М.С., Карандаева Г.А.). Методика планирования экспериментов и обработки их результатов при исследовании технологических процессов в лесной и деревообрабатывающей промышленности. Учебное пособие для ФКИП и аспирантов. Часть I, Часть II, 1972.
5. Поддубная Л.В. Исследование качественных характеристик процесса пиления бревен широкими ленточными пилами с плоскими и разведенными зубьями. г.Химки, ЦНИИМЭ, 1973. Тезисы докладов участников IУ н/т конференции аспирантов и молодых специалистов лесной промышленности.
6. Поддубная Л.В. Влияние размеров зубьев ленточных пил и условий распиловки на шероховатость поверхности пиломатериалов. Материалы к семинару "Совершенствование деревообрабатывающего инструмента", НТО лесной промышленности, Ленинградский дом н/т пропаганды, 1976.

Отзывы на автореферат в 2-х
экземплярах, с заверенными под-
писями просим присылать по ад-
ресу: 220630, г. МИНСК, ул. Свердло-
ва, 13-а, БТИ им. С. М. Кирова,
Учёному секретарю.