

630x3

М 69

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. С. М. КИРОВА

На правах рукописи

МИХЕЕВ Леонид Ефимович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК И РЕЖИМОВ ПИЛЕНИЯ
ПРИ ПАЧКОВОЙ РАЗДЕЛКЕ ДОЛГОТЬЯ**

05.21.01. «Технология и механизация лесного хозяйства
и лесозаготовок»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва — 1979

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

Научный руководитель

лауреат Государственных премий, доцент, кандидат технических наук **К. И. Вороницын**.

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук **Ф. Т. Тюриков**;

доцент, кандидат технических наук **Г. И. Завойских**.

Ведущее предприятие — Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт угольной промышленности (ЦЕНТРОГИПРОШАХТ).

Защита состоится « » 197 г. в часов на заседании специализированного совета К-056.01.01. по присуждению ученой степени кандидата наук в Белорусском технологическом институте им. С. М. Кирова.

Отзывы по автореферату в двух экземплярах с заверенными подписями направлять по адресу: 220630, г. Минск-50, ул. Свердлова, 13а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан «13» *февраля* . 1979 г.

Ученый секретарь специализированного совета *И. Э. Рихтер*.

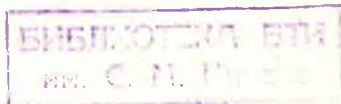
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Создание материально-технической базы коммунизма выдвигает перед промышленностью задачи по увеличению объема выпускаемой продукции и повышению производительности труда. Решение поставленных задач требует применения эффективных технологий и машин, механизации и автоматизации производственных процессов. В условиях концентрации производства прогрессивным технологическим направлением является способ групповой обработки заготовленного леса и, в частности, долготья. Данная технология позволяет комплексно решать вопросы разделки, сортировки и пакирования сортиментов. Для этого необходимо создание высокопроизводительных, надежных и безопасных в работе установок пачковой разделки долготья, что невозможно без комплексного изучения процесса пиления с учетом свойств как обрабатываемого объекта (пачки), так и пильной установки. Процесс пиления при пачковой разделке долготья исследован в недостаточной мере.

Состояние вопроса. Исследованиями д.т.н., проф. Д.К.Воеводы, к.т.н. К.И.Вороницына, Б.Н.Красильникова, Л.И.Гулько, Н.А.Першанова, П.Э.Тизенгаузена, к.э.н. Б.Н.Кознова доказано, что наиболее эффективным и перспективным способом первичной обработки заготовленного леса является принципиально новое направление, основанное на групповом методе. К.т.н. Л.М.Китайником обоснованы оптимальные технологические и производственные параметры поточных линий с групповым производством рудстойки. Процесс беззажимной раскряжев-ки пачек хлыстов исследовал к.т.н. С.К.Тесляк.

Значительные теоретические и экспериментальные работы в области поштучной раскряжев-ки по исследованию геометрических параметров режущих элементов пильных цепей, их влияния на технико-эксплуатационные показатели, влияние режимов резания на производительность цепных пильных аппаратов моторных пил, повышения долговечности пильных цепей выполнены профессорами А.Э.Грубе, П.Е.Гасточкиным, П.П.Пациора, к.т.н. К.И.Вороницыным, М.И.Бельмачем, Л.Н.Беловзоровым, П.Д.Маковеевым, Г.М.Васильевым, А.И.Иевлевым, А.П.Полищуком и другими учеными. В то же время указанные исследования не отражают особенностей процесса пиления при пачковой раскряжев-ке и неприменимы для обоснования режимов пиления, так как они не учитывают строения пачки.

Цель работы. Получение данных, необходимых для определения



оптимальных режимов работы пильного аппарата и проектирования установок для пачковой разделки долготья.

Основные задачи исследования. На основе поставленной цели формулируются задачи исследования:

1. Исследование влияния способа надвигания пильного аппарата на энергоемкость процесса пиления и обоснование типа пильного аппарата для пачковой разделки долготья.
2. Математическое описание основных характеристик (геометрических, силовых, динамических) процесса пиления при пачковой разделке долготья и построение математической модели.
3. Экспериментальные исследования динамических, энергетических и геометрических характеристик процесса пиления.
4. Проверка результатов исследований в производственных условиях на экспериментальном образце установки пачковой разделки.
5. Оценка экономической эффективности поточной линии на базе установки пачковой разделки и дополнительного эффекта от оптимальных режимов пиления.

Научная новизна. Впервые исследованы основные характеристики процесса пиления при пачковой разделке долготья с учетом особенностей объекта обработки, получены математические зависимости и построена математическая модель. Результаты аналитических исследований проверены экспериментально.

Место проведения и объект экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования были подготовлены в ЦНИИМЭ и проведены в объединении "Карагандауголь" на Центральном лесном складе № 9. опыты проводились на экспериментальном образце установки пачковой разделки долготья на рудстойку ЛО-67.

Практическая ценность. Представленные результаты исследований в виде рекомендаций, методик, зависимостей могут быть использованы для решения вопросов, связанных с обоснованием и проектированием установок пачковой разделки.

Результаты работы использовались при разработке опытного образца установки пачковой разделки долготья ЛО-67.

Апробация работы. Научные результаты исследований докладывались на У Всесоюзной конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности (Химки, 1975 г.), на IV научно-технической конференции молодых специалистов лесной про-

мысленности (Ленинград, 1976 г.) на секции Ученого Совета ЦНИИМЭ в 1974-1976 гг.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ и получено авторское свидетельство на изобретение.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 155 страницах машинописного текста, включая 38 рисунков, 25 таблиц и библиографий из 78 наименований. Приложения содержат 23 страницы.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОТЫ

Исследование влияния способа надвигания пильного аппарата на энергоемкость процесса пиления и обоснование типа пильного аппарата для пачковой разделки долготья. Существуют два основных способа надвигания цепных пильных аппаратов на древесное сырье: веерный и параллельный. Характерными для этих способов являются: нерегулируемый процесс пиления - с постоянной подачей, и регулируемый, когда постоянство мощности привода обеспечивается соответствующим изменением величины подачи. Исследованиями установлено, что средняя толщина стружки нерегулируемого процесса пиления при веерном надвигании меньше, чем при параллельном и их отношение равно:

$$\frac{h_b}{h_n} = \frac{1}{\left[1 - \frac{D}{2(a+D)}\right] \cos \varphi_i}, \quad (1)$$

где h_b - средняя толщина стружки при веерном надвигании;
 h_n - толщина стружки при параллельном надвигании; D - диаметр разделяваемой пачки; a - расстояние от оси звездочки до пачки;
 φ_i - угол, образованный пильной шиной с горизонтальной осью.

В диапазоне практически используемых подач на режущие блоки удельная энергоемкость процесса пиления убывает с ростом подачи. Следовательно, удельная энергоемкость нерегулируемого процесса пиления при веерном надвигании пильного аппарата выше, чем при параллельном.

Для регулируемого процесса пиления с помощью полученных формул

$$U_n = \frac{0,785 D}{T \sin \alpha_i}; \quad U_{б\text{ ср}} = \frac{0,785 D}{T \sin \left\{ \arccos \left[\left(1 + \frac{2a}{D} \right) \sin \varphi_i \right] \right\}}, \quad (2)$$

установлено, что средняя толщина срезаемой стружки при веерном

надвигании равна толщине стружки, срезаемой пильным аппаратом при параллельном способе надвигания.

Здесь $U_n, U_{b.c.}$ — скорости надвигания пильных аппаратов; T — время пиления; Δi — угол между вертикальной осью, проходящей через центр сечения пачки, и радиусом, связанным с конечной точкой пропила.

При веерном способе надвигания, в отличие от параллельного, толщина срезаемой стружки по длине пропила переменная. Из исследований д.т.н., проф. С.А. Воскресенского и ряда других ученых известно, что зависимость удельной работы резания от толщины стружки нелинейная. Наиболее интенсивно она изменяется в области малых значений толщины стружки. Эта зависимость и обуславливает незначительное различие в удельной энергоёмкости процессов при различных способах надвигания. Различие в энергоёмкости процессов оценивается формулой:

$$\Delta K = \frac{1}{\Delta h} \int_{h_{\min}}^{h_{\max}} f(h) dh - K, \quad (3)$$

где $\frac{1}{\Delta h} \int_{h_{\min}}^{h_{\max}} f(h) dh$ — среднее значение удельной работы резания при веерном способе надвигания пильного аппарата; K — значение удельной работы резания при параллельном способе надвигания пильного аппарата; $\Delta h = h_{\max} - h_{\min}$ — разность между значениями максимальной и минимальной толщины стружки.

По экспериментальным данным энергоёмкость процесса пиления при параллельном способе надвигания на 6-8 % меньше, чем при веерном.

Дальнейший анализ работоспособности различных конструкций пильных аппаратов по раскрывке пачек хлыстов на сортименты показал, что наиболее приемлемым типом пильного аппарата по условию обеспечения беззакимного процесса пиления является пильный аппарат с параллельным надвиганием, выполненный в виде П-образной рамки, узкой клиновидной шиной и холостой ветвью пильной цепи вынесенной из пропила. Этот тип пильного аппарата был принят и для экспериментальной установки пачковой разделки долготы.

Математическое описание основных характеристик процесса пиления. Основными характеристиками процесса пиления являются геометрические, силовые, динамические.

Геометрические характеристики. Пачка, как объект обработки, образована совокупностью отдельных элементов (хлыстов, бревен)

и представляет сложную физическую среду с изменяющейся плотностью древесины по сечению. Такое строение объекта обработки обуславливает ряд особенностей и свойств процесса пачковой разделки долготья. С изменением плотности древесины связано колебание длины пропила по сечению пачки. Следует различать среднее и мгновенное значение длины пропила. Для определения статических характеристик процесса пиления (производительности чистого пиления, удельной энергоемкости и т.д.) достаточно значения средней длины пропила. Динамические характеристики (действующие усилия в цепи, приводе) определяются с учетом значений мгновенной длины пропила.

Средняя длина пропила зависит от полнодревесности, обега пачки и определяется по уравнению

$$L_{cp} = K_n (B_0 - S l_x), \quad (4)$$

где K_n — коэффициент полнодревесности пачки; B_0 — ширина пачки в комлевой части; S — сбеги пачки на единицу длины; l_x — расстояние от комлевой части пачки до пропила.

Работоспособность пильной цепи. Допустимая величина подачи на режущие блоки по условию заполнения стружкой межзубовых впадин при пачковой разделке отличается от поштучной. Транспортируемая масса стружки под действием силы сопротивления перемещению и гравитации в местах прерывов пропила отклоняется от траектории движения пильной цепи и частично рассеивается, что влияет на процесс заполнения стружкой межзубовых впадин. В этом случае площадь пропила, образуемая за один проход режущим зубом, по условию заполнения стружкой межзубовых впадин больше и определяется по формуле

$$F = \frac{\beta_{зап} f}{\beta_{раз} K_{\tau}}, \quad (5)$$

где $\beta_{зап}$ — коэффициент заполнения стружкой межзубовых впадин; $\beta_{раз}$ — коэффициент разрыхления стружки; K_{τ} — коэффициент транспортирования стружки, равный отношению объема стружки транспортируемой пильной цепью к полному объему срезанной стружки; f — площадь межзубовой впадины.

Силовые характеристики процесса представляют зависимость мощности, потребляемой двигателем установки, от различных факторов, влияющих на процесс пиления. Зависимость мощности от основных факторов процесса пиления выражается формулой

$$N = \frac{K(h) V h \delta K_n (B_0 - S_{Lx}) \Delta p}{1000 t_{\text{ц}} \eta}, \quad (6)$$

где N — мощность, потребляемая двигателем; $K(h)$ — удельная работа резания; V — скорость резания; h — подача на одноименные режущие блоки; δ — ширина пропила; $t_{\text{ц}}$ — расстояние между одноименными режущими блоками; η — КПД привода пильного аппарата; Δp — коэффициент затупления зубьев.

Динамические характеристики пиления обусловлены взаимодействием рабочих процессов с элементами упругой системы (УС) "лильная установка — пачка". Воздействие рабочих процессов на УС является главным образом силовым и вызывает колебания отдельных элементов УС (лильная шина, цепь, хлысты или долготья в пачке).

Колебания элементов УС возникают в положении устойчивого равновесия системы, которое, согласно теоремы Лагранжа-Дирихле о потенциальной энергии, будет при наиболее плотной укладке пачки. В этом положении у бревен под действием силы резания, приложенной со стороны режущих блоков в виде импульсов с периодом повторения T и частотой ω , возбуждаются поперечные колебания. Эти колебания передаются на пильную шину и установку в целом, вызывают пиковые напряжения в пильной цепи и шине, изменяют нагрузки на двигатель.

В результате воздействия импульсов силы резания, составляющими которой являются касательная и нормальная силы, колебания центра торца бревна в плоскости пропила складываются из двух поступательных движений по координатным осям X и Y . Образующаяся в результате сложения колебаний траектория движения центра торца бревна в плоскости пропила имеет форму замкнутой кривой (эллипса перемещений).

При такой траектории движения торцов явление резонанса для условий разделки пачек долготья пильной цепью ПЦУ-30 обусловлено равенством периода повторения импульсов силы резания полупериоду собственных колебаний системы:

$$T_{\text{ц}} = \frac{T}{2}, \quad \text{или} \quad \omega \delta x = \frac{\rho}{\pi}, \quad (7)$$

и значением скорости резания:

$$V = \frac{t_u \rho}{2 \pi}, \quad (8)$$

где $\omega_{\text{вх}}$ — частота повторения импульсов; ρ — частота собственных колебаний элементов системы.

Частота собственных колебаний системы зависит в основном от упругих и инерционных характеристик самих элементов. Рассматривая собственные колебания бревен в пачке как колебания балки на упругом основании в предположении, что колебание упругого основания подчинено гипотезе Винклера, получим уравнение для определения собственных частот поперечных колебаний бревен:

$$\rho_i = \pi^2 i^2 \sqrt{\frac{EJ}{m l^4} + \frac{c}{\pi^4 m}} \quad (9)$$

где E — модуль упругости; J — момент инерции поперечного сечения балки; m — масса единицы длины балки; c — коэффициент упругости основания; l — длина балки; $i = 1, 2, 3, \dots$

В подкоренном выражении данной формулы первое слагаемое характеризует собственные поперечные колебания балки, а второе — колебания упругого основания.

Частота собственных колебаний бревен диаметром 12–18 см, длиной 4–6,5 м, определенная по уравнению (9), соответственно составляет $151c^{-1}$ – $128c^{-1}$, а значение резонансной скорости при этом равно 4,9–5,8 м/с. Период повторения импульсов равен 0,0207–0,0245 с, что удовлетворяет условию (?).

Численное значение резонансной скорости еще не позволяет установить границы оптимальных режимов резания по условию устойчивости системы в процессе пиления.

Устойчивость процесса пиления с одной стороны определяется величиной действующих импульсов, а с другой — в такой же мере и частотными характеристиками динамической системы. Для оценки устойчивости динамической системы применен частотный критерий Найквиста.

Пильная установка и обрабатываемый объект представляет в процессе пиления физическую среду с несколькими входами и выходами. На вход системы (пачка бревен) подается сигнал в виде ряда импульсов силы резания, которые, взаимодействуя с элемен-

тами УС, преобразуются на выходе в непрерывный сигнал в виде колебаний последних. Частотная передаточная функция $W(j\omega)$ данной разомкнутой импульсной системы, содержащей звенья с параллельным и последовательным соединением, определена в виде зависимости:

$$W(j\omega) = A e^{j\Delta\omega T}, \quad (10)$$

где A — модуль частотной передаточной функции; j — мнимая единица; $\Delta\omega T$ — угол сдвига между входным и выходным сигналом за один период повторения импульса.

На основе амплитудно-фазовой характеристики (АФХ), построенной на комплексной плоскости по передаточной функции, производится оценка устойчивости динамической системы в зависимости от режимов пиления. Функционально эта зависимость записывается в виде неравенства $h \leq f(v)$. Численные значения модуля A , угла сдвига $\Delta\omega T$ были определены экспериментальным путем.

Математическая модель процесса пиления в общем виде. Выполненные теоретические исследования позволили построить математическую модель процесса в общем виде. В качестве критерия оптимизации принят один из технико-экономических показателей — критерий максимальной производительности чистого пиления. Ниже приведена целевая функция и ряд ограничений, налагаемых на нее: по мощности двигателя, по степени заполнения стружкой свободных пространств пыльной цепи, по устойчивости элементов системы

$$\Pi = \frac{10 K_n (B_0 - S l_x) v h}{t_{ц}} \text{ см}^3/\text{с} \rightarrow \max; \quad (11)$$

$$h \leq \frac{1000 N t_{ц} k}{B v \cdot K(n) \cdot K_n (B_0 - S l_x) \Delta p}; \quad (12)$$

$$h \leq \frac{B_{зап} f}{B_{раз} K_T K_n (B_0 - S l_x)}; \quad (13)$$

$$h \leq f(v); \quad (14)$$

$$\begin{aligned} V_{\min} \leq V \leq V_{\max}; & \quad h_{\min} \leq h \leq h_{\max}; \\ l_{\min} \leq l \leq l_{\max}; & \quad \Delta p_{\min} \leq \Delta p \leq \Delta p_{\max}; \end{aligned} \quad (15)$$

Экспериментальные исследования характеристик процесса пиления. Неизвестные коэффициенты и зависимости, входящие в математическую модель процесса, были определены экспериментально. Эксперимент состоял из ряда независимых опытов, в которых определялись динамические, энергетические и геометрические характеристики. Для этой цели применялась следующая измерительная аппаратура: комплект виброизмерительной аппаратуры ВИ6-5МА, осциллограф Н-700, реохордный датчик перемещений ИВ262, индукционный датчик оборотов, самопишущий киловаттметр Н354 с двумя трансформаторами тока УТТ-5М.

Опыты проводились на экспериментальном образце пильной установки ЛО-67 для пачковой разделки долготья в объединении "Каратандауголь" на Центральном лесном складе № 9. Разделялись пачки длиной 4-6м, диаметром 1,6м, сформированные из долготья хвойных пород диаметром 8-16см.

Данные эксперимента были обработаны методами математической статистики.

В результате исследования динамических характеристик рассматриваемой системы установлено, что режимы пиления (скорость резания и подача) неоднозначно влияют на устойчивость элементов упругой системы. С увеличением скорости резания устойчивость элементов УС повышается. Повышение устойчивости элементов УС с увеличением скорости резания обусловлено снижением импульсов силы резания, а также удалением частоты вынужденных колебаний от собственной частоты элементов УС. При этом, вследствие увеличения разности между временем действия импульсов силы резания и инерционной постоянной системы, частота вынужденных колебаний растет медленнее частоты импульсов. Амплитуда колебаний элементов УС с увеличением скорости резания уменьшается (табл. I).

Увеличение подачи на режущие блоки (соответственно импульсов силы резания) вызывает интенсивный рост амплитуды колебаний элементов системы (рис. I). Частота вынужденных колебаний не зависит от подачи на режущие блоки (табл. I).

Таблица I

Влияние режимов пиления на интенсивность колебаний

Скорость резания, V , м/с	Подача, h , мм	Амплитуда, A , мм	Частота импульсов, $\omega_{\text{вх}}$, с ⁻¹ (Гц)	Частота колебаний шины, $\omega_{\text{вых}}$, с ⁻¹ (Гц)
8,25	0,1	0,09	433 (68,75)	188,5 (30)
	0,2	0,65		
	0,4	1,35		
	0,6	2,80		
12,5	0,8	5,20	633 (104,00)	258,0 (41)
	0,2	0,29		
	0,4	0,90		
	0,6	1,85		
16,0	0,8	2,90	850 (133,20)	307,7 (49)
	0,2	0,26		
	0,4	0,60		
	0,6	1,00		
	0,8	1,75		

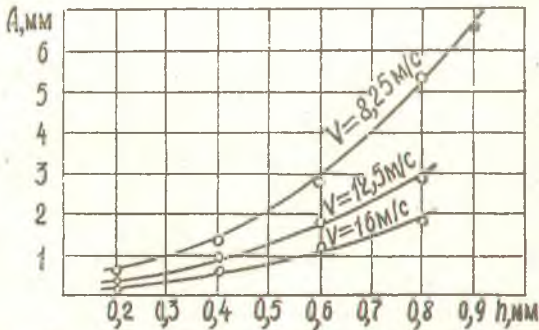


Рис. 1. Зависимость амплитуды колебаний пильной шины от подачи при различных скоростях резания

По данным таблицы I определен модуль A частотной передаточной функции и аргумент $\Delta\omega T$, которые представлены таблицей 2.

На основании таблицы 2 построена амплитудно-фазовая частотная характеристика системы в процессе пиления (рис. 2) и проведена оценка устойчивости элементов системы по критерию Найквиста

в зависимости от режимов пиления. В качестве входного сигнала принята подача на режущие блоки, а выходного – амплитуда колебаний пильной шины.

Таблица 2

Характеристики частотной передаточной функции

Скорость резания, V , м/с	Амплитуда входного сигнала, $A_{вх}$, мм	Амплитуда выходного сигнала, $A_{вых}$, мм	Модуль $A = \frac{A_{вх}}{A_{вых}}$	Разность частот, $\Delta\omega = \omega_{вх} - \omega_{вых}$	Период повторения импульсов, T , с	Аргумент $\Delta\omega T$, рад
8,25	0,6	2,80	4,66	243,5	0,01450	3,52
12,5	0,6	1,85	3,08	395,0	0,00962	3,80
16,0	0,6	1,0	1,67	542,3	0,00750	4,10

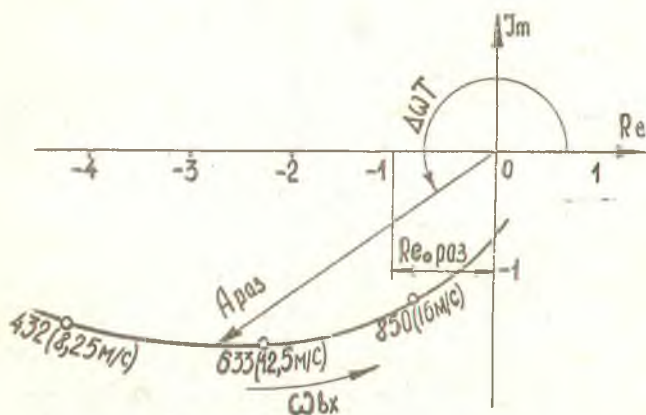


Рис. 2. Амплитудно-фазовая частотная характеристика

Из графика (рис.2) видно, что при скорости резания более 15 м/с. система находится в устойчивом положении. Синтезированные устойчивые режимы пиления выражены в виде эмпирической зависимости подачи на режущие блоки от скорости резания:

$$h = 3 \cdot 10^{-3} \cdot e^{0,394V} + 0,07. \quad (16)$$

Исследование энергетических характеристик. Численные значения удельной работы резания в зависимости от подачи на режущие блоки (рис.3) определены по уравнению:

$$K = \frac{1000 N_p H}{S_n K_n v U} \Delta \text{ Дж/см}^3, \quad (17)$$

где H - высота пачки; S_n - площадь поперечного сечения приемного устройства; U - скорость продвижения пильного аппарата; N_p - мощность расходуемая на резание.

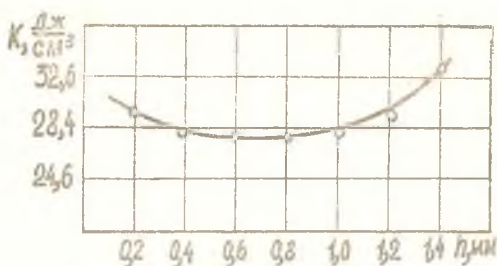


Рис. 3. Зависимость удельной работы резания от подачи на режущие блоки

Опыты проводились при постоянном усилии натяжения пильной цепи равном 1080Н, определенном по энергетическим показателям. Потребляемая мощность холостого хода в зависимости от скорости резания составляла 5-8кВт. Минимальное значение 28 Дж/см³ удельная работа резания имеет при острозаточенной пильной цепи и подаче 0,8мм. Заполнение межзубовых впадин стружкой при этой подаче оптимальное, а соотношение коэффициентов $\frac{v_{зап}}{K} \frac{K}{v_{раз}}$ равно 0,35. Достигнутая производительность чистого пиления составляет 290см²/с.

Связь между удельной работой резания и подачей на режущие блоки выражается зависимостью

$$K(h) = 4,08h^2 - 4,25h + 29,85, \quad (18)$$

Коэффициент транспортирования стружки пильной цепью определяется по соотношению $K_T = \frac{m_T}{m}$, где m_T — масса стружки, вынесенной из пропила; m — полная масса стружки, срезаемой пильной цепью.

Численное значение коэффициента транспортирования стружки составляет 0,8.

Значения коэффициента полндревесности пачки вычислялись по формуле:

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{S_n}, \quad (19)$$

где S_i — площадь сечения i -го сортимента; S_n — площадь поперечного сечения приемного устройства; n — количество бревен в пачке.

Среднее значение коэффициента полндревесности для разделяемых пачек равно 0,6, максимальное — 0,65, а минимальное — 0,55.

Коэффициент полндревесности характеризует среднюю плотность по сечению пачки. Линейная плотность древесины (плотность, измененная по длине пропила) колеблется по сечению пачки (рис.4).

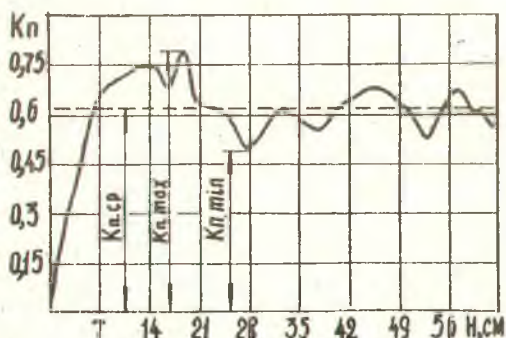


Рис. 4. Колебание плотности укладки сортиментов по сечению пачки

Максимальное значение коэффициента линейной плотности равно $1,4 K_n$, минимальное — $0,8 K_n$, а среднее значение численно равно K_n .

Математическая модель процесса пиления в явном виде. Полученные экспериментально зависимости и коэффициенты позволили детализировать ограничения (I2-I5) целевой функции (II) и построить математическую модель в явном виде:

$$P = \frac{10K_n(B_0 - Sl_x)vh}{t_u} \text{ см}^2/\text{с} \rightarrow \text{max}; \quad (20)$$

$$h \leq \frac{1000Nt_u\eta}{(4,08h^2 - 4,25h + 29,85) \cdot v \cdot K_n(B_0 - Sl_x) \Delta_p}; \quad (21)$$

$$h \leq \frac{\beta_{\text{зап}} f}{\beta_{\text{раз}} K_T K_n (B_0 - Sl_x)}; \quad (22)$$

$$h \leq 3 \cdot 10^{-3} e^{0,394v} + 0,07; \quad (23)$$

$$\begin{aligned} 12\text{м/с} \leq v \leq 18\text{м/с}; \quad 0,2\text{мм} \leq h \leq 1,4\text{мм}; \quad 4\text{м} \leq l \leq 6,5\text{м} \\ \Delta_p = 1,0; 1,25; 1,5; \quad l_x = 2,5\text{м}; 3,0\text{м}; 3,5\text{м}; 3,8\text{м}; \\ 4,3\text{м}; 5,3\text{м}; 5,5\text{м}; 6,0\text{м}; 6,4\text{м}; \quad N = 36; 40,45 \text{ кВт}; \quad (24) \\ B_0 = 1600\text{мм}; \quad S = 20\text{мм/м}; \quad t_u = 240\text{мм}; \quad b = 24\text{мм}; \\ f = 1140\text{мм}^2; \quad K_T = 0,8 \quad K_n = 0,6; \quad \eta = 0,8; \end{aligned}$$

$$\frac{\beta_{\text{зап}}}{\beta_{\text{раз}}} = 0,35.$$

При оптимизации использовалась дискретная форма задачи (20-24), которая решена методом направленного перебора. Программа, реализующая математическую модель, написана на языке АЛГОЛ-60 для ЭВМ М-222.

Определены оптимальные режимы пиления. Оптимальная скорость резания для пильной установки мощностью 36 кВт равна 16 м/с, подача на режущие блоки при коэффициенте затупления $\Delta_p = 1$ составляет 0,76 мм в комлевой части пачки и 0,8 мм в вершинной. При коэффициенте затупления $\Delta_p = 1,5$ подача соответственно сос-

тавляет 0,5 и 0,53 мм. График скоростей продвижения пильного аппарата представлен на рис. 5.

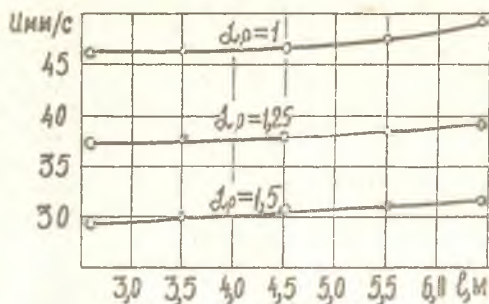


Рис. 5. График скоростей продвижения пильного аппарата в зависимости от координат реза

Расчетная максимальная производительность чистого пиления составляет $440 \text{ см}^2/\text{с}$, а минимальная — $290 \text{ см}^2/\text{с}$.

Применение в качестве режущего органа пильной цепи ПЦУ-30 позволяет использовать на пиление мощность 40–45 кВт. Этой мощности соответствует оптимальная скорость резания равная 18 м/с.

Экономическая эффективность поточной линии на базе установки пачковой разделки долготы составляет более 76 тыс.руб., в том числе экономический эффект от внедрения оптимальных режимов пиления составляет 10 тыс.руб. на одну установку в год. Сменная производительность установки в составе поточной линии — 200–250 м³.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. На основании анализа проведенных исследований установлено, что беззажимному процессу пиления при разделке начек долготы наиболее полно соответствуют установки с П-образной рамкой, а по энергоемкости процесса — установки с параллельным продвижением пильного аппарата.

2. Обоснование параметров пильного аппарата установки пачковой разделки долготья осуществлено на базе математической модели процесса пиления, учитывающей физические особенности объекта обработки. Построение математической модели выполнено с учетом исследованных в работе геометрических, силовых и динамических характеристик процесса пиления.

3. Исследованиями установлено, что увеличение скорости резания способствует повышению устойчивости элементов динамической системы. Оптимальной скоростью резания, удовлетворяющей ограничениям по устойчивости процесса пиления, подачи на режущие блоки, мощности двигателя и степени заполнения стружкой межзубовых впадин, является скорость 16-18 м/с.

Увеличение подачи на режущие блоки приводит к постепенному переходу системы от устойчивого состояния к неустойчивому. Оптимальная величина подачи на режущие блоки, с учетом указанных ограничений и коэффициента затупления зубьев, составляет 0,53-0,8 мм.

Исследования показали, что средняя производительность чистого пиления при указанных режимах равна 365 см²/с.

Потребная мощность для установок пачковой разделки составляет 40-45 кВт.

4. Зависимость удельной работы резания от подачи на режущие блоки нелинейная. Минимальное ее значение равно 28 Дж/см³ при подаче 0,8 мм. Увеличение удельной работы резания при подаче свыше 0,8 мм обусловлено повышением затрат на работу по перемещению стружки, вследствие нарушения оптимального заполнения межзубовых впадин пильной цепи.

5. Экономическая эффективность поточной линии по переработке долготья на базе установки пачковой разделки составляет более 76 тыс.руб., в том числе экономический эффект от внедрения оптимальных режимов пиления 10 тыс.руб. в год на одну установку.

6. Результаты проведенных исследований использованы при проектировании опытного образца установки пачковой разделки.

Рекомендации по оптимальной скорости резания, величины подачи на режущие блоки и мощности привода пильной цепи использованы в экспериментальном образце установки пачковой разделки

долготья ЛО-67, внедренном в объединении "Карагандауголь" в составе поточной линии.

Применение метода пачковой разделки, с использованием полученных в работе результатов, позволяет увеличить производительность труда в 3 раза и комплексно решить вопросы разделки, сортировки и пакетирования сортиментов.

По основным вопросам диссертации опубликованы следующие печатные работы:

1. К вопросу о выборе скорости резания при раскряжке древесины стационарными цепными установками - "Тезисы докладов участников V научно-технической конференции аспирантов, соискателей и молодых специалистов лесной промышленности", Химки, 1975, с.34-35.

2. К вопросу исследования удельной работы резания при групповом способе раскряжки древесины - "Труды ЦНИИМЭ", об.143, Химки, 1975, с.22-28.

3. Обоснование выбора способа надвигания цепного пильного аппарата установкой для раскряжки древесины - в сб. "Технология машиностроения", т.4,М., ВНИПИЭИлеспром, 1976 (в соавторстве).

4. О некоторых особенностях пачковой раскряжки древесины - "Труды ЦНИИМЭ", в сб. "Перспективные технологические процессы и системы машин на нижних лесных складах", Химки, 1976, с.103-107.

5. Установка для пачковой раскряжки руддолготья и балансов. ВНИПИЭИлеспром, "Лесоэксплуатация и лесосплава", сб.7,М., 1977, с.10-11 (в соавторстве).

6. Исследования устойчивости процесса пиления при пачковой раскряжке древесины - "Труды ЦНИИМЭ", в сб. "Оптимизация технологических процессов и параметров нижескладских машин", Химки, 1977, с.68-76.

7. Устройство для раскряжки пачек лесоматериалов. Авторское свидетельство № 596435, бюллетень № 96, 1978 (в соавторстве).

Зак.108 Тир.100 Л-24521 Ротапринт ЦНИИМЭ