

630x3
к 88

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. С.М. ЛЯРОВА

На правах рукописи

КУВАДИН Леонид Михайлович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
РАЗДЕЛКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННОЙ
ТОЧНОСТЬЮ НА РОТОРНОЙ УСТАНОВКЕ

05.21.01. "Технология и механизация
лесного хозяйства и лесопереработки"

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск - 1982

Работа выполнена в Марийском Политехническом институте имени И.Горького и Волжско-Камском научно-исследовательском и конструкторско-технологическом институте водного лесбвтранспорта /ВНИИВОЛТ/

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки МАССР Дмитриев В.Я.

- Официальные оппоненты: - Доктор технических наук, старший научный сотрудник Захаренков Ф.Е.
- Кандидат технических наук, доцент Турман И.В.
- Ведущее предприятие - Волгоградский рейд Всесоюзного производственного объединения "Пермбспром"

Защита состоится "24" июня 1982 г. в 10 часов на заседании специализированного совета К - 056.01.01 по присуждению ученой степени кандидата наук в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им.С.М.Кирова, 220630, Минск, ул.Свердлова, 13 а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "21" мая 1982 г.

Ученый секретарь специализированного совета

Рихтер И.З.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность тем. Создание материально-технической базы коммунизма ставит перед промышленностью задачу по увеличению объема выпускаемой продукции, улучшению ее качества на основе постоянного повышения производительности труда. Поставленная задача требует внедрения прогрессивных технологических процессов, предусматривающих использование высокопроизводительного оборудования, и широкого применения механизации и автоматизации всего производственного процесса.

Получение высококачественной продукции при первичной переработке лесоматериалов достигается новой технологией, предусматривающей индивидуальную раскряжевку лесоматериалов с заданной точностью длины выпиливаемых сортиментов. Оснащение таких технологических процессов современным высокоэффективным оборудованием, позволяющим комплексно решать вопросы разделки, сортировки и пакетирования, является весьма важной и актуальной проблемой, для решения которой необходимо изучение процесса разделки лесоматериалов с учетом заданной точности длины выпиливаемых сортиментов.

Цель исследований является разработка технологического процесса разделки лесоматериалов на базе роторной раскряжевочной установки с индивидуальной подачей их в зону резания без предварительной подсортировки по диаметрам и определение режимов работы установки, обеспечивающих максимальную производительность и заданную точность длины выпиливаемых сортиментов при минимальных энергозатратах.

Основные задачи исследования

1. Исследование оптимальных режимов раскряжевочной установки, обеспечивающих заданную точность длины выпиливаемых сортиментов при максимальной производительности.

2. Исследование факторов и их взаимодействий, влияющих на точность длины выпиливаемых сортиментов.

3. Исследование и математическое представление процесса разделки лесоматериалов с заданной точностью длины выпиливаемых сортиментов для расчета основных параметров при проектировании раскряжевочных установок.

6383 op

4. Исследование процесса разделки лесоматериалов с заданной точностью в производственных условиях на промышленной установке, обеспечивающей использование полученных данных теоретических и экспериментальных поисков.

5. Оценка экономической эффективности результатов исследований.

Научная новизна. Впервые разработана математическая модель технологического процесса разделки лесоматериалов с продольной подачей их в зону резания, получены расчетные зависимости, позволяющие определять степень влияния основных факторов на процесс разделки лесоматериалов и рассчитывать параметры раскрывочных установок по критерию точности длины выпиливаемых сортиментов.

Место проведения и объект экспериментальных исследований. Экспериментальная часть работы выполнена на полупромышленном образце установки роторного типа в отделе автоматизации производственных процессов ВКНИИВОЛТ, а также на промышленной установке в объединении "Пермлеспром" на Волгоградском рейде.

Практическая ценность. Методика и результаты исследований могут быть использованы для прогнозирования и разработки технологических процессов и параметров раскрывочных установок. Результаты работы использовались при разработке экспериментального образца роторной раскрывочной установки и автоматизированной линии по производству рудничных стоек.

Обоснованность теоретических положений и выводов диссертации. Достоверность полученных теоретических положений и выводов подтверждена результатами экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных и производственных условиях.

Апробация работы. Результаты исследований отражены в научно-исследовательских отчетах ВКНИИВОЛТ за 1973-80 г.г., а также докладывались на V научно-технической конференции ЦНИИМЭ (Химки, 1975 г.), на IV научно-технической конференции ЦНИИЛесосплава (Ленинград, 1976 г.), на V научно-технической конференции ЦНИИЛесосплава (Ленинград, 1978 г.).

В 1977 году роторная раскряжевочная установка для переработки руддолготья на рудстойку демонстрировалась на межотраслевой выставке ВДНХ СССР "Изобретательство и рационализация - 77". В 1978 г. автоматизированная линия для переработки руддолготья на рудстойку на базе роторной установки демонстрировалась на тематической выставке ВДНХ СССР "Новые научные работы в лесной и деревообрабатывающей промышленности", авторы награждены одной серебряной и двумя бронзовыми медалями.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ, из которых 13 авторских свидетельств.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и выводов. Она содержит 135 страниц машинописного текста, 17 рисунков, 36 таблиц, библиографический перечень 68 источников, а также 8 приложений.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАБОТЫ

Состояние вопроса. Теоретические и экспериментальные работы в области индивидуальной раскряжевки лесоматериалов, посвященные исследованию проблемы точной остановки механической системы в заданных координатах, и определение оптимальных значений параметров раскряжевочных установок с продольной подачей лесоматериалов в зону резания были проведены Д.К.Воеводой, П.В.Ласточкиным, Г.А.Вильке, А.И.Вилья, В.И.Боботниковым, А.И.Цетлиным, К.Н.Воробьевым, А.П.Мазуренко, В.Ф.Шалавиным, Н.А.Гуцелюком и другими. Авторами исследования установлено, что наибольшее влияние на точность длины выпиливаемых сортиментов оказывает режим работы привода продольной подачи лесоматериалов в зону резания, масса разделяемых заготовок, ускорение торможения, жесткость механической системы и другие параметры. В то же время эти исследования проводились для сортиментов, имеющих допуск на длину в пределах $0,05+0,10$ м и не отражают особенностей процесса раскряжевки с заданной точностью в пределах $\pm 0,02+0,03$ м.

Кроме того, проведенные исследования не учитывают всего многообразия факторов, оказывающих влияние на процесс точной разделки лесоматериалов, имеет только определенное,

конкретное применение и не могут быть рекомендованы для обоснования режимов пиления с точностью длины выпиливаемых сортиментов в пределах $\pm 0,02 \pm 0,03$ м.

Исследованиями установлено, что при изменении скорости продольного перемещения транспортера на величину $\pm \Delta V$, ошибка в длине сортимента определится по формуле:

$$\pm \Delta L_v = \frac{\Delta V}{2a_r} (2V_p \pm \Delta V), \quad (1)$$

где V_p - скорость продольного перемещения транспортера;
 a_r - ускорение торможения.

И ошибка от изменения ускорения на величину $\pm \Delta a$

$$\pm \Delta L_a = \frac{V_p^2}{2a_r} \left(\frac{\Delta a}{a_r \pm \Delta a} \right). \quad (2)$$

В приведенных формулах учитывались два параметра: скорость продольной подачи и ускорение торможения. Сцепление хлыста с траверсами транспортера при этом осуществлялось за счет сил гравитации, что не обеспечивало постоянного значения усилия сцепления даже для одного и того же хлыста.

Ошибка в результате проскальзывания заготовки по траверсам транспортера, в случае гравитационного сцепления хлыста с траверсами, будет равна

$$\Delta L_n = \frac{V_p^2}{2a_r} \left(\frac{a_r}{gf_c} - 1 \right), \quad (3)$$

где g - ускорение силы тяжести;
 f_c - коэффициент сцепления.

В общем случае плюсовая ошибка в длине отпиливаемого сортимента определится по формуле

$$+\Delta L = \frac{1}{2a_r} \left[\Delta V (2V_p + \Delta V) + V_p^2 \left(\frac{\Delta a}{a_r - \Delta a} + \frac{a_r}{gf_c} - 1 \right) \right], \quad (4)$$

а минусовая ошибка будет равна

$$-\Delta L = \frac{1}{2a_r} \left[\Delta V (2V_p - \Delta V) - V_p^2 \left(\frac{\Delta a}{a_r + \Delta a} \right) \right]. \quad (5)$$

Для снижения ошибки в длине отпиливаемых сортиментов необходимо снижать V_p и увеличивать a_r , исключая проскальзывание, в пределах $a_r < gf_c$, т.е. необходимо исследовать процесс с принудительным прижимом заготовок к траверсам

транспортера.

Уменьшение скорости продольного перемещения транспортера ведет к снижению производительности, но повышает точность выпиливаемых сортиментов. Необходимо найти оптимальные режимы параметров процесса разделки лесоматериалов, удовлетворяющие этим основным требованиям.

Параметры исследования

Методика эксперимента включала три этапа исследования, направленных на подготовку, планирование и проведение эксперимента.

Зависимой переменной исследуемого процесса принят критерий точности длины выпиливаемых сортиментов, т.к. этот критерий является основным, определяющим качество готовых сортиментов.

Вторым параметром, характеризующим изучаемый процесс, является производительность раскрывочной установки. Основная задача исследований заключалась в том, чтобы получить максимальную производительность установки при заданной точности длины выпиливаемых сортиментов. Таким образом, выходными или зависимыми параметрами, характеризующими процесс, являются:

U - точность длины выпиливаемых сортиментов, мм - параметр оптимизации;

$P_{\text{в.м}}$ - производительность раскрывочной установки, м³/см - ограничивающий параметр.

Значение параметра оптимизации исследуемого процесса зависит от многих факторов. На основании анализа теоретических и экспериментальных исследований для изучения были приняты семь факторов:

- рабочая скорость продольной подачи, м/с;
- замедленная скорость продольной подачи перед остановкой, м/с;
- направление подачи заготовки (вершина-комель);
- длина пути перемещения на замедленной скорости, мм;
- масса заготовки, кг;
- длина подачи, мм;

- усилие прижима заготовки прижимными роликами, дан.

Планирование и проведение отсеивающего эксперимента

Для выявления доминирующих факторов был поставлен отсеивающий эксперимент, имевший целью выделить значимые эффекты и эффекты взаимодействия, т.е. определить доминирующие факторы, обуславливающие исследуемый процесс.

Обработка результатов эксперимента, выполненного с использованием насыщенных планов, производилась методом регрессионного анализа. Были определены коэффициенты уравнения регрессии и выделены доминирующие факторы с помощью t -критерия Стьюдента.

Результаты отсеивающего эксперимента приведены в табл. I.

Таблица I
Результаты отсеивающего эксперимента

№ пп	Число наблюдений	Среднее арифметическое	Средняя квадратическая ошибка	Дисперсия	Средняя ошибка среднего ариф.	Вариационный коэф.	Показатель точности
1	21	1005,57	7,16	51,72	1,57	0,72	0,15
2	22	1028,04	9,09	82,73	1,93	0,89	0,18
7	23	1017,21	7,61	58,11	1,59	0,75	0,16
8	20	1004,80	6,18	38,12	1,39	0,61	0,14

На основании матрицы планирования отсеивающего эксперимента и данных табл. I получено уравнение регрессии, отражающее линейные эффекты, смешанные с парными взаимодействиями

$$y = 10,98 + 3,56 u_1 + 6,16 u_2 - 0,27 u_3 + 1,83 u_4 - 3,66 u_5 + 1,82 u_6 - 3,94 u_7, \quad (6)$$

В результате отсеивающего эксперимента установлено, что в исследуемом процессе доминирующее значение имеют четыре фактора:

- рабочая скорость продольной подачи, м/с;
- замедленная скорость продольной подачи, м/с;
- масса заготовки, кг;
- усилие прижима заготовки прижимными роликами, дан.

Планирование и проведение факторного эксперимента

На основании результатов отсеивающего эксперимента, была построена матрица планирования факторного эксперимента для четырех переменных.

Опыты проводились на экспериментальной раскряжевочной установке роторного типа, транспортирующий механизм и прижимные ролики которой снабжены гидроприводом. Схема управления гидроприводом роторной раскряжевочной установки приведена на рис. I.

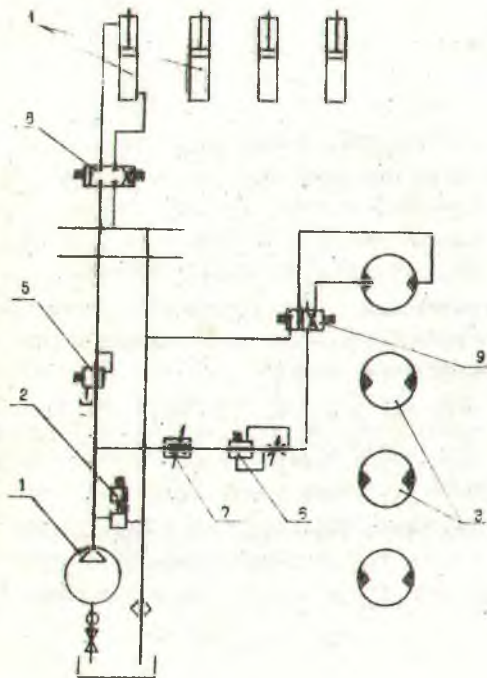


Рис. I. Схема управления гидроприводом роторной установки:

- 1 - гидронасос,
- 2 - клапан,
- 3 - гидромотор,
- 4 - гидроцилиндр,
- 5 - редукционный клапан,
- 6 - дроссель,
- 7 - осевой дроссель,
- 8, 9 - золотники.

Точность продольной подачи на заданную длину осуществлялась специальным приспособлением с разрешающей способностью до 1 мм. Схема замера длины подачи с помощью приспособления приведена на рис. 2

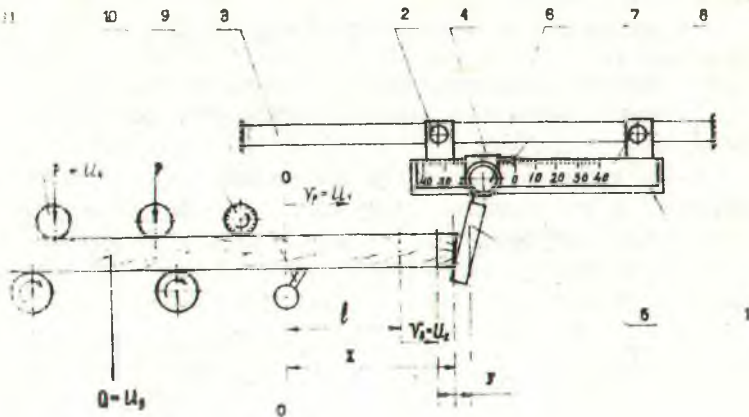


Рис. 2. Схема измерения величины выходного

параметра при проведении эксперимента:

1 - штанга, 2 - винт, 3 - направляющая, 4 - ползунок, 5 - упор, 6 - поворотная головка, 7 - указатель, 8 - линейка, 9 - датчик начала отсчета, 10 - копир, 11 - ролик.

Полученные экспериментальные зависимости и статистическая обработка результатов позволили получить уравнение регрессии, описывающее исследуемый процесс.

$$\begin{aligned}
 Y = & 6,09 + 6,18U_1 + 6,44U_2 + 1,55U_3 - 0,19U_4 + 1,82U_5^2 + \\
 & + 0,19U_6^2 - 0,83U_7^2 + 0,71U_8^2 + 5,85U_9U_{10} + 0,64U_{11}U_{12} - \\
 & - 2,85U_{13}U_{14} + 0,88U_{15}U_{16} + 0,93U_{17}U_{18} - 0,1U_{19}U_{20}. \quad (7)
 \end{aligned}$$

Остаточная сумма квадратов, связанная с дисперсией воспроизводимости $S_{\epsilon}^2 = 18098,56$ при степени свободы $f_{\epsilon} = 133$; дисперсия воспроизводимости $\sigma_{(Y)}^2 = 136,08$. Дисперсии коэффициентов регрессии:

$$S_{\epsilon_1}^2 = 19,43; \quad S_{\epsilon_2}^2 = 8,51; \quad S_{\epsilon_3}^2 = 5,67; \quad S_{\epsilon_4}^2 = 4,76.$$

Доверительные интервалы коэффициентов регрессии:

$$\begin{aligned} \Delta b_1 &= \pm 8,64; & \Delta b_2 &= \pm 4,66; \\ \Delta b_{12} &= \pm 5,70; & \Delta b_{11} &= \pm 4,27. \end{aligned}$$

Анализ уравнения регрессии позволил упростить его для практического использования. Упрощенное уравнение регрессии имеет вид:

$$y_1 = 1006,09 + 6,18u_1 + 6,44u_2 + 1,82u_1^2 + 0,19u_2^2 - 0,83u_1^2 + 0,71u_1^2 + 5,85u_1u_2. \quad (8)$$

Заменяя условные переменные на фактические, получим уравнение для практического применения.

Окончательно уравнение регрессии, выраженное в фактических переменных, примет вид:

$$y_2 = 1421,36 - 657,10V_1 - 919,22V_2 + 182V_1^2 + 76V_2^2 - 0,0003Q^2 + 0,0003P^2 + 1170V_1V_2. \quad (9)$$

Анализ полученного уравнения регрессии показывает, что наибольшее влияние на выходной параметр оказывают факторы u_1 и u_2 ($b_1 = 6,18$; $b_2 = 6,44$), соответствующие рабочей и замедленной скорости продольной подачи. Причем это влияние имеет явно выраженный нелинейный характер ($b_{11} = 1,82$). Коэффициенты регрессии b_1 и b_2 в 4 и более раза превышают остальные коэффициенты регрессии при линейных членах, а коэффициент b_{11} более чем в 2 раза превышает остальные коэффициенты при квадратных членах. Весьма существенно влияние взаимодействия рабочей и замедленной скорости. Парное взаимодействие u_1u_2 имеет высокий коэффициент ($b_{12} = 5,85$) с положительным знаком. Это означает, что с уменьшением u_1 и u_2 выходной параметр повышается, т.е. увеличивается точность длины выпиливаемых сортиментов.

Технологические и технико-экономические показатели применения результатов исследования

Результаты расчета выходного параметра по упрощенному

уравнения регрессии отличаются от результатов эксперимента не более 6,68 %, или, в пересчете на линейные размеры от поля допуска на рудничные стойки по ГОСТ 616-72, составляют 0,26 мм, что вполне допустимо для практических расчетов.

Графическое представление поверхности отклика, описываемой полученным уравнением регрессии, представлено на рис. 3, 4 по данным табл. 2, 3.

На основании аналитических и графических результатов определены оптимальные значения технологических режимов работы раскрывочных установок роторного типа, обеспечивающих точность длины выпиливаемых сортиментов в заданных пределах.

На основании полученных значений оптимальных режимов рассчитаны силовые характеристики процесса раскрывки лесоматериалов установками роторного типа с заданной точностью.

Максимальная мощность резания $N = 38,8$ кВт;

скорость надвигания $V_k = 0,46$ м/с; ритм работы $r = 2,38$ с.

Параметры процесса разделки заготовок массой от 80 до 280 кг и заданной точностью длины выпиливаемых сортиментов в пределах $\pm 2 + 3$ см составляют: рабочая скорость продольной подачи - $0,85 + 0,95$ м/с, замедленная скорость перед остановкой привода - $0,25 + 0,35$ м/с и усилие прижима заготовок прижимными роликами - в пределах $350 + 450$ дан.

Экономическая эффективность линии на базе роторной раскрывочной установки по сравнению с линией на базе пил АЦ-1 для разделки рудничного долготы составляет 84,5 тыс. руб. на одну линию в год. Сменная средняя производительность установки в составе поточной линии составляет 225 м^3 . Максимальная достигнутая производительность составила 260 м^3 в смену.

Экспериментальный образец роторной раскрывочной установки прошел производственные испытания в составе автоматизированной линии по производству рудничной стойки. В период производственных испытаний были проведены исследования технологических параметров установки, подтвердившие теоретические и экспериментальные исследования и полученные резуль-

Таблица 2

Анализ влияния V_p и V_z на точность длины

Усилие прижима, дан	Замедл. скорость, м/с	Значение точности, мм при скорости продольной подачи, м/с		
		0,65	0,85	1,05
300	0,25	967,49	987,29	984,55
	0,35	982,68	1006,06	1026,72
	0,45	969,74	1026,35	1070,41
350	0,25	1009,57	986,57	978,13
	0,35	1004,94	1005,34	1020,30
	0,45	1007,82	1025,63	1063,99
400	0,25	1004,54	958,84	971,70
	0,35	1009,91	1004,61	1013,87
	0,45	1009,79	1024,90	1057,56

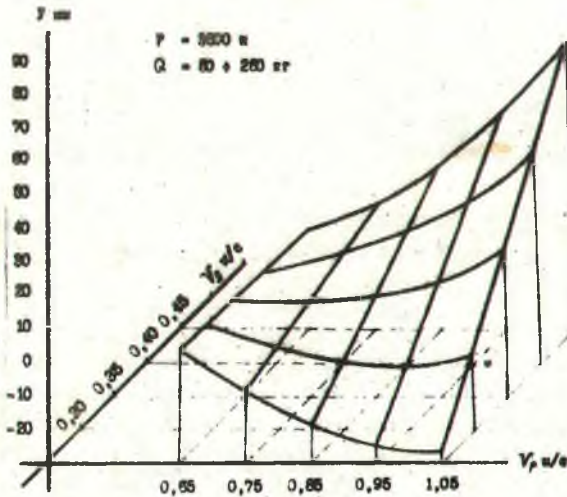


Рис. 3. Влияние изменения рабочей и замедленной скорости на величину выходного параметра

Таблица 3

Анализ влияния V_3 и ρ на точность длины

Рабочая скорость, м/с	Замедл. скорость, м/с	Значение точности, мм при усилии прижима, дан		
		250	350	450
0,75	0,25	992,07	996,32	1000,57
	0,35	999,14	1003,39	1007,64
	0,45	1007,73	1011,98	1016,23
0,85	0,25	1004,35	1006,51	1010,76
	0,35	1021,03	1025,28	1029,53
	0,45	1041,32	1045,57	1049,82
0,95	0,25	1016,16	1020,41	1024,66
	0,35	1046,64	1050,89	1055,14
	0,45	1078,63	1082,88	1087,13

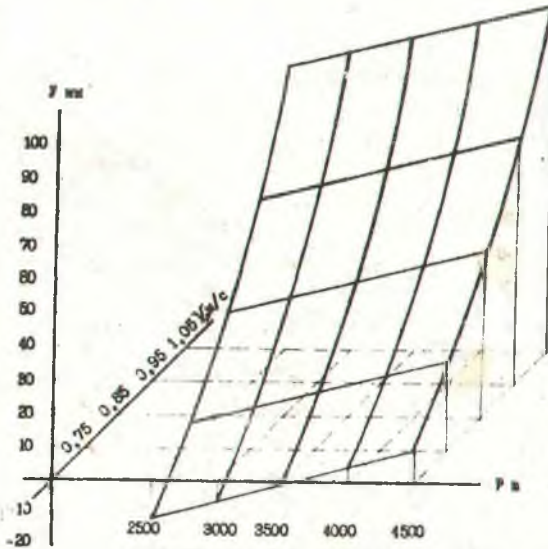


Рис. 4. Влияние изменения рабочей скорости продольной подачи и усилия прижима на величину выходного параметра

таты.

Экспериментальный образец автоматизированной линии по производству рудничной стойки на базе роторной раскряжевочной установки внедрен в производство на Волгоградском рейде объединения "Волголесосплав" (рис. 5). Государственная приемочная комиссия рекомендовала линию на базе роторной установки выпускать по индивидуальным заказам.



Рис. 5. Роторная раскряжевочная установка в работе

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Получена математическая модель технологического процесса, включающего операции продольной подачи заготовок и останков привода в заданных координатах, представленная уравнением регрессии в виде полинома второго порядка.

2. Статистический анализ полученного уравнения регрессии показал, что оно адекватно описывает исследуемый процесс с уровнем значимости 0,05 при степенях свободы $f_1 = 356$ и $f_2 = 133$.

3. Аналитические и экспериментальные исследования точности длины выпиливаемых сортиментов позволили выявить и

оценить факторы, оказывающие влияние на параметр оптимизации.

4. Постановка отсеивающего эксперимента позволила выделить доминирующие факторы, оказывающие наибольшее влияние на точность длины выщелачиваемых сортиментов.

5. На основании экспериментальных данных рассчитаны оптимальные параметры раскряжевочной установки роторного типа при $\Delta L = \pm 2 \div 3$ см и для заготовок массой $80 \div 280$ кг

$$V_0 = 0,85 \div 0,95 \text{ м/с}, \quad V_1 = 0,25 \div 0,36 \text{ м/с},$$

$$\rho = 350 \div 450 \text{ дан.}$$

6. Полученные теоретические и экспериментальные данные послужили основанием для расчета параметров роторной раскряжевочной установки, предназначенной для разделки руддолготья на рудстойки.

7. На базе роторной раскряжевочной установки разработана автоматизированная линия для разделки, сортировки и пакетирования рудничных стоек.

8. Автоматизированная линия на базе роторной раскряжевочной установки внедрена в производство на Волгоградском рейде объединения "Волгодесоспла".

9. Основные узлы и агрегаты роторной раскряжевочной установки и автоматизированной линии выполнены на уровне изобретений и защищены 13 авторскими свидетельствами.

10. Экономическая эффективность от внедрения результатов исследования составила 84,5 тыс.руб. и позволила в 3-4 раза повысить производительность труда при выполнении трудоемких процессов раскряжевки, сортировки и пакетирования сортиментов.

По основным вопросам диссертации опубликованы следующие печатные работы:

1. К вопросу разделки руддолготья установками роторного типа - "Тезисы докладов У научно-технической конференции", Умкн, 1975 г.

2. Исследование процесса подачи руддолготья при разделке его на роторной раскряжевочной установке. IV научно-техническая конференция ЦНИИЛесосплава, ЛДНП, 1976, с.60-63.

3. Математическое описание процесса продольной подачи руддолготья при разделке его на роторной установке. Депонированные рукописи, 1978, № 12/86, с.107.

4. Исследование точности продольной подачи сортиментов на роторной раскряжевочной установке. Труды ЦНИИЛесосплава, вып.30, М-Л, 1978, с.102-106.

5. Роторная установка для разделки руддолготья. "Лесная промышленность", 1976, № 11, с.25-26 (в соавторстве).

6. Роторная раскряжевочная установка, "Лесоэксплуатация и лесосплав", 1976, № 33, с.7-8 (в соавторстве).

7. Определение параметров роторной раскряжевочной установки. Депонированные рукописи, 1981, № 12 (122), с.86.

8. Устройство для поперечной распиловки бревен. Авторское свидетельство № 480542, бюллетень № 30, 1975 (в соавторстве).

9. Устройство для поперечной распиловки лесоматериалов. Авторское свидетельство № 409848, бюллетень № 1, 1974 (в соавторстве).

10. Устройство для сортировки заготовок. Авторское свидетельство № 456763 № 2, 1975 (в соавторстве).

11. Устройство для отмера длин сортиментов при раскряжевке хлыстов. Авторское свидетельство № 496172, бюллетень № 47, 1975 (в соавторстве).

12. Устройство для продольной подачи лесоматериалов к пильному механизму. Авторское свидетельство № 620411, бюллетень № 31, 1978 (в соавторстве).

13. Устройство программного управления раскромом лесоматериалов. Авторское свидетельство № 536959, бюллетень № 44, 1976 (в соавторстве).

14. Устройство для управления сортировкой штучных грузов. Авторское свидетельство № 647201, бюллетень № 6, 1979 (в соавторстве).

15. Роторная раскряжевочная установка и автоматизированная линия по производству рудничных стоек экспонировались на ВДНХ СССР в 1977-78 г.г. Авторы награждены одной серебряной, двумя бронзовыми медалями и дипломом.

Леонид Михайлович Кузальдин

**Исследование процесса разделки лесоматериала с
заданной точностью на роторной установке**

Подписано в печать 20.05.82 г. АТ II586.

Формат 60x84 ¹/16. Печать офсетная. Усп.печ.л. 0,7.

Уч.-изд.л. 0,8. Тираж 100 экз. Бесплатно. Зак.337.

Отпечатано на ротапринте Белорусского ордена
Трудового Красного Знамени технологического
института имени С.М.Кирова

220630 Минск, Смердлова, 13.