

630<sup>x</sup>  
П 22

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. С.М.КИРОВА

На правах рукописи

ПАШКОВСКИЙ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ

УДК 634.0.30

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЩЕЛЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСЕКИ  
(на примере БССР)

Специальность 05.21.01. Технология и механизация  
лесного хозяйства и лесозаготовок

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

МИНСК 1989

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте имени С.М.Кирова

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| Научный руководитель  | - профессор, кандидат технических наук Матвейко А.П.   |
| Научный консультант   | - доцент, кандидат технических наук Турлай И.В.  |
| Официальные оппоненты | - профессор, доктор технических наук Иевинь И.К.<br>- доцент, кандидат технических наук Захариков В.М. |
| Ведущее предприятие   | - ВПО "Кареллеспром"   |

Защита состоится *04 апреля* 1989г. в *14* часов на заседании специализированного совета *К.056.01.01*

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института имени С.М.Кирова.

Автореферат разослан *"22" февраля* 1989г.

Ученый секретарь  
специализированного совета

ТРОФИМОВ С.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из главных задач, поставленных XXVII съездом КПСС перед лесной промышленностью, - полное использование лесосырьевые ресурсы за счет комплексности переработки древесного сырья и развития прогрессивных видов лесопроизводства.

Дальнейшего значительного увеличения объемов лесозаготовок в СССР не предусматривается, а потребность в древесине и древесных материалах постоянно возрастает. Поэтому комплексное и рациональное использование органической массы дерева - одна из важнейших задач, стоящих перед народным хозяйством. Это направление определяет развитие промышленности не только в ближайшие годы, но и в перспективе и имеет народнохозяйственное значение.

Одним из путей увеличения выхода древесины с I га лесоплощадки является использование лесосечных отходов в виде обломков, откамлевок, сучьев, вершинной части, а также тонкомерных деревьев. Особенно этот путь важен для Белорусской ССР, которая относится к лесодефицитному региону с ограниченным наличием спелых лесов. Рубками главного пользования, ухода и прочих рубок в республике заготавливается более 10 млн. м<sup>3</sup> древесины в год. Это количество древесины не обеспечивает потребности народного хозяйства республики в древесном сырье. Поэтому ежегодно завозится 1,7 млн. м<sup>3</sup> из районов Сибири и Севера европейской части страны. Указанный объем во многом зависит от того, насколько эффективно и рационально используются местные лесосырьевые ресурсы.

Тема диссертации направлена на выполнение постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20 августа 1984 г. № 890 "Об улучшении использования лесосырьевых ресурсов".

Цель работы. Разработка, опробация и широкое внедрение на предприятиях БССР технологических процессов по производству технологической щепы в условиях лесосеки с учетом размерно-качественных характеристик сырья и стохастичности операций.

НАЦИОНАЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА  
И. М. Кирова

Основные задачи исследований:

- разработать методику установления объемов отходов, пригодных для производства щепы для всех лесозаготовительных предприятий минлеспрома ВССР с учетом природно-производственных условий и технологии производства;

- определить размерно-качественные характеристики отходов и законы их распределения по всем лесоэксплуатационным зонам республики;

- разработать методику выбора типов и параметров технологических процессов производства щепы с учетом конкретных условий производства;

- разработать общую математическую модель процессов производства щепы в условиях лесосеки с учетом природно-производственных условий и стохастичности процессов и сырья;

- разработать техпроцессы производства щепы в условиях лесосеки для ВССР и осуществить их опытно-промышленную проверку;

- разработать рекомендации по использованию отходов, образующихся на лесосеке в процессе лесозаготовок, и широкому внедрению в производство разработанных техпроцессов получения щепы в условиях лесосеки.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые разработана математическая модель производства щепы в условиях лесосеки со всесторонним учетом вероятностного характера параметров сырья и процессов, а также учета размещения потребителей техщепы. Для условий лесозаготовительных предприятий ВССР исследована размерно-качественная характеристика отходов лесозаготовок. Установлены виды и распределения этих отходов по диаметрам, длинам и объемам. Определены реальные объемы отходов - сырья для производства щепы с учетом природно-производственных условий предприятий.

Разработана методика расчета производительности систем по производству щепы в условиях лесосеки с учетом различных категорий поступающего сырья и соответствующих вероятностных процессов. Разработаны основы компоновки технических систем по производству щепы с прогнозированием параметров их работоспособности.

Практическая ценность. Вовлекается в сферу производства низкокачественное древесное сырье и лесосечные отходы, которые раньше практически не находили применения и таким образом

увеличивается сѐм древесного сырья с 1 га на 0,8 %, т. е. увеличиваются ресурсы древесного сырья без увеличения объемов лесозаготовок почти на 300 тыс. м<sup>3</sup>. Полученные данные по параметрам и видам отходов, а также разработанные и основные технологические процессы могут быть использованы проектными организациями при разработке систем машин и непосредственно лесозаготовительными предприятиями, внедряющими малоотходную технологию на лесосечных работах.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований использовались при разработке и внедрении технологических процессов по производству щепы в условиях лесосеки в лесозаготовительных предприятиях БССР. По материалам исследований разработано "Положение по производству щепы в условиях лесосеки".

Осуществлено внедрение разработанных технологических процессов в производственных объединениях: "Бобрыйскдрев", "Гомельдрев", "Мостовдрев", "Речицадрев", "Вилгебсклес", "Ивацевичдрев". В результате практического внедрения предложенных технологических процессов по производству щепы в условиях лесосеки получен экономический эффект в размере 5,05 руб. на 1 м<sup>3</sup> заготовленной технологической щепы.

Апробация работы. Результаты исследований диссертации отражены в научно-исследовательской работе ВТИ им. С. М. Кирова за 1983-1985 г. г. "Исследование и разработка технологических процессов, обеспечивающих безотходную технологию лесозаготовок и рациональное использование лесосырьевых ресурсов", а также докладывались на научно-технических конференциях ВТИ им. С. М. Кирова в 1983-1986 г. г., на Всесоюзной научной конференции "Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов" в г. Минске в 1985 г., на Всесоюзной научно-технической конференции "Малоотходная и безотходная технология и ресурсосберегающая техника в лесном комплексе" в г. Архангельске в 1985 г., на республиканском научно-техническом семинаре в г. Мозыре в 1987 г., на республиканских научно-технических отраслевых семинарах в 1982-1988 г. г.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 16 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и рекомендаций производству, списка литературы из 120 наименований. Основной материал изложен на 153 стра-

ницах машинописного текста, включая 22 таблицы, иллюстрирован 33 рисунками. Приложения представлены на 83 страницах.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится обоснование выбора темы диссертации, общая характеристика работы и сформулирована ее актуальность.

В первой главе выполнен анализ тенденций в развитии лесозаготовительной отрасли республики с учетом лесосечного фонда, который характеризуется большим процентом низкостварной древесины (около 15 %), малыми по площади и запасам лесосеками (5 га), их большой разбросанностью, заболоченностью (около 60 %).

Существующая технология лесозаготовок, а также применяемые машины не позволяют использовать всю надземную часть дерева и образование лесосечных отходов неизбежно.

Дан анализ исследований по малоотходным и безотходным техпроцессам лесозаготовок. Рассмотрены вопросы количественного срезания лесосечных отходов в различных регионах нашей страны и за рубежом в зависимости от технологии и применяемой техники. Рассмотрены технологические процессы по производству технологической щепы из лесосечных отходов. На основании проведенных исследований в СССР и за рубежом установлено, что экономически более эффективной является технология по производству щепы на лесосеке.

Особое внимание уделяется комплексному использованию ресурсов древесного сырья на региональном уровне.

Проведенный обзор и анализ состояния проблемы позволяют отметить следующие недостаточно изученные вопросы, потребность в разработке которых диктуется современным лесопромышленным производством:

- производство технологической щепы в условиях лесосеки сдерживается из-за недостаточной разработки и внедрения в производство комплексных технологий по сбору, заготовке, измельчению и транспортировке щепы на региональном уровне;
- не изучено образование лесосечных отходов в СССР, их размерно-качественные характеристики, факторы, влияющие на их образование, объемы и места образования;

- Недостаточно разработаны технологии, предусматривающие одновременную заготовку, сбор лесосечных отходов и использование мелкотоварного леса с учетом сезонов года;
- Отсутствуют обстоятельные исследования по системам рубильных машин с характеристикой их временных параметров;
- Нет технико-экономического обоснования производства щепы в условиях лесосеки, обоснованного расстояния ее транспортировки потребителям.

Во второй главе приведены результаты выполнения исследования видов и объемов лесосечных отходов (табл. I).

Таблица I  
Виды и объемы отходов на лесосеке

Показатель	Маломерная древесина, м <sup>3</sup>	Обломки ствола, м <sup>3</sup>	Вершинки, м <sup>3</sup>	Сушня и ветки, м <sup>3</sup>	Всего отходов, м <sup>3</sup>
Кол-во отходов на 1 га вырубленной площади:					
в общем.....	1,47(9,4)	4,30(27,6)	3,04(19,5)	3,77(43,5)	15,58(100)
в хвойных насаждениях.....	0,83(6,4)	3,21(24,7)	1,55(11,9)	7,40(57,0)	12,99(100)
в лиственных насаждениях.....	1,93(11,1)	5,08(29,1)	4,10(23,5)	8,33(36,3)	17,44(100)
Кол-во отходов на 1000 м <sup>3</sup> заготовленной древесины:					
в общем.....	6,75(9,9)	18,36(27,0)	11,56(17,0)	31,37(46,1)	68,04(100)
в хвойных насаждениях.....	4,32(7,4)	16,3(27,8)	6,63(11,3)	31,43(53,5)	58,68(100)
в лиственных насаждениях.....	8,49(11,1)	19,35(26,0)	16,67(21,8)	31,34(41,1)	76,35(100)

Примечание. В скобках дано процентное содержание данного вида отходов к общему объему отходов.

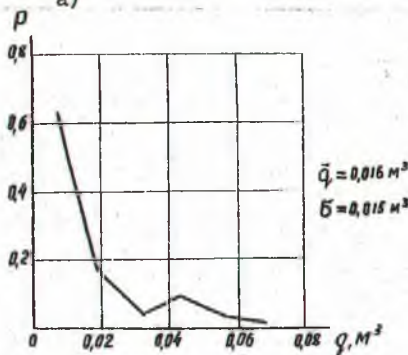
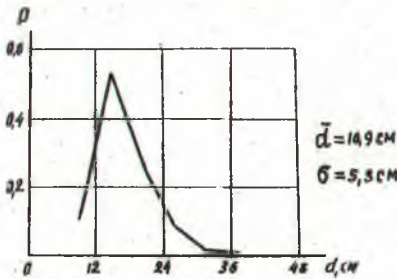
Данные экспериментальных работ обработаны методом математической статистики на ЭВМ. Статистическая обработка результатов исследований показала, что на 1 га вырубленной площади в среднем приходится 15,58 м<sup>3</sup> отходов, а на 1000 м<sup>3</sup> заготавливаемой древесины - 68,04 м<sup>3</sup>. Анализ их показывает, что от этого количества отходы, пригодные для переработки на щепу, составляют 80 %. Следует отметить, что количество отходов колеблется в больших пределах от 2,52 м<sup>3</sup> до 46,89 м<sup>3</sup> на 1 га

вырубленной площади и от 11,15 м<sup>3</sup> до 179,48 м<sup>3</sup> отходов на 1000 м<sup>3</sup> заготовленной древесины.

Значительные колебания образующихся лесосечных отходов зависят от следующих факторов: правильной организации и соблюдения технологии; наличия и крупности подроста; породного состава древостоя; возраста насаждений; высоты деревьев; заболоченности лесосеки; мастерства вальщика, тракториста и оператора челюстного погрузчика; погодных условий и др.

Приводятся данные объемов отходов на 1 га вырубленной площади и 1000 м<sup>3</sup> заготавливаемой древесины по объединениям и предприятиям Минлеспрома БССР, а также соответственно по хвойным и лиственным насаждениям. Определены виды отходов. На основании составленных таблиц можно определить количество отходов на лесосеках, поступающих в рубку.

Установлены распределения параметров обломков ствола, вершин и маломерной древесины. (рис. 1).



Распределения, как правило, ассиметричны.

В результате проведенных исследований установлено, что лесосечные отходы могут перерабатываться на технологическую щепу без предварительной подготовки.

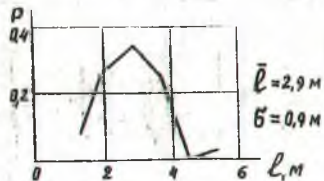


Рис. 1. Распределения параметров отходов лесозаготовок: а) обломков ствола по диаметру (ПО "Витебсклес") б) вершин ствола по объему (ПО "Ворисовдрев") в) маломерной древесины по длине (ПО "Полоцклес").

в) маломерной древесины по длине (ПО



В третьей главе выполнены теоретические исследования функционирования систем по производству щепы и другой лесопроductии из отходов на лесосеке, позволяющие выбрать рациональные параметры процессов поступления сырья, обработки и восстановления работоспособности технических систем с учетом влияющих нестационарных факторов сырья, оборудования, организации процесса.

Структурная схема работы системы представляется следующей (рис. 2).

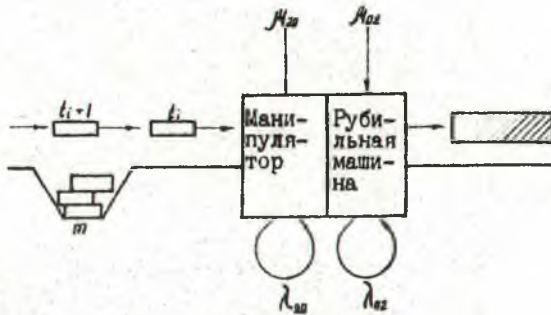


Рис. 2. Структурная схема работы системы.

Модель работы рассматриваемых систем в общем виде представляется дифференциальными уравнениями, описывающими функционирование системы во времени с изменением состояний  $\delta_{ij}$ :

$$\begin{cases}
 \frac{dP_{00}}{dt} = -\lambda_1 P_{00} + \mu_1 P_{11} \\
 \frac{dP_{01}}{dt} = -(\lambda_{20+02} + \lambda_{20} + \lambda_{02} + \mu_1) P_{01} + \mu_{20} P_{20} + \mu_{02} P_{02} + \mu_{20+02} P_{22} + \lambda_1 P_{00} \\
 \frac{dP_{02}}{dt} = \lambda_{02} (P_{20} + P_{11}) - \lambda_{20} P_{02} - \mu_{02} P_{02} - \lambda_{20+02} P_{02} \\
 \frac{dP_{20}}{dt} = \lambda_{20} (P_{11} + P_{02}) - \mu_{20} P_{20} - \lambda_{02} P_{20} - \lambda_{20+02} P_{20} \\
 \frac{dP_{22}}{dt} = \lambda_{20+02} (P_{11} + P_{02} + P_{20}) - \mu_{20+02} P_{22}
 \end{cases}$$

$$\sum_{i=0, j=0}^{2:2} P_{ij} = 1. \quad (1)$$

Решением модели (1) относительно функционалов  $P_{ij}$  является система уравнений вида:

$$P_{ij} = C_{i1} e^{z_1 t} + C_{i2} e^{z_2 t} + C_{i3} e^{z_3 t} + C_{i4} e^{z_4 t} + C_{i5} e^{z_5 t}, \quad (2)$$

где  $P_{ij}$  - вероятности соответствующих состояний лесозаготовительной системы  $S_{ij}$ ;  $z_i$  - корни характеристического уравнения;  $C_i$  - постоянные коэффициенты уравнения.

Формулы для расчета режимов работы систем имеют вид:

$$P_{00} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_1 \lambda_{20}}{\mu_1 \mu_{20}} + \frac{\lambda_1 \lambda_{02}}{\mu_1 \mu_{02}} + \frac{\lambda_1 \lambda_{np}}{\mu_1 \mu_{np}}};$$

$$P_{11} = \frac{\lambda_1}{\mu_1} P_{00}; \quad P_{02} = \frac{\lambda_1 \lambda_{02}}{\mu_1 \mu_{02}} P_{00};$$

$$P_{20} = \frac{\lambda_1 \lambda_{20}}{\mu_1 \mu_{20}} P_{00}; \quad P_{22} = \frac{\lambda_1 \lambda_{np}}{\mu_1 \mu_{np}};$$

$$\lambda_{np} = \lambda_{20} + \sigma_2; \quad \mu_{np} = \mu_{20} + \sigma_2;$$

Приняв  $\frac{\lambda_1}{\mu_1} = \rho_1$ ;  $\frac{\lambda_{02}}{\mu_{02}} = \rho_{02}$ ;  $\frac{\lambda_{20}}{\mu_{20}} = \rho_{20}$ ;  $\frac{\lambda_{np}}{\mu_{np}} = \rho_{np}$ ;  
получим:

$$P_{00} = \frac{1}{1 + \rho_1 + \rho_1 \rho_{20} + \rho_1 \rho_{02} + \rho_1 \rho_{np}} \quad (4)$$

$$P_{11} = \rho_1 P_{00} \quad (5)$$

$$P_{02} = \rho_1 \rho_{02} P_{00} \quad (6)$$

$$P_{20} = \rho_1 \rho_{20} P_{00} \quad (7)$$

$$P_{22} = \rho_1 \rho_{np} P_{00}. \quad (8)$$

Входящие в формулы (4-8) управляемые параметры  $\lambda_1, \mu_1$  задаются на различных стадиях создания либо учитываются при эксплуатации систем на производстве. На этапе проектирования в основном устанавливаются параметры  $\lambda_{20}, \lambda_{02}, \lambda_{20} + \sigma_2, \mu_1$ . Параметр  $\lambda_1$  широко изменяется во время эксплуатации. В этот же период может осуществляться некоторое влияние на параметры  $\mu_{20}, \mu_{02}, \mu_{20} + \sigma_2$  посредством совершенствования ремонтной службы.

Основным технологическим параметром, определяющим произ-

водительность системы и первым в структуре процесса является темп подачи сырья манипулятором. Его рациональную величину устанавливаем по следующей предлагаемой методике. Используя формулы 4 и 5, строятся графики зависимости  $P_{II} = P_{II}(\lambda_1)$ , которые имеют форму кривых насыщения (рис. 3).

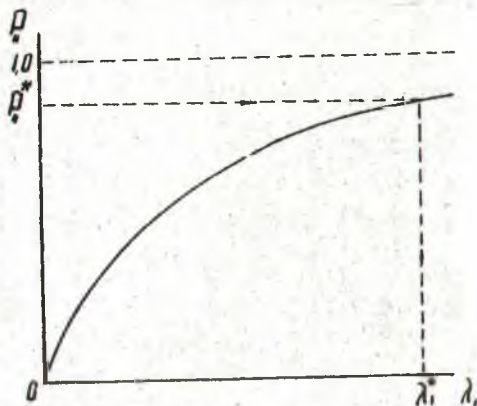


Рис. 3. График зависимости  $P_{II} = P_{II}(\lambda_1)$ .

Для принятой доверительной вероятности устанавливаем по графику  $P_{II}^*$ . В технологических расчетах можно принимать  $P_{II}^* = 0,95 P_{II}^{max}$ . Далее из графика определяем  $\lambda_1^*$  для принятого  $P_{II}^*$ .

Методика установления оптимального темпа подачи сырья к РМ по формулам следующая.

Из формулы ( 5 ) определяется

$$\rho_1^* = \frac{P_{II}^*}{1 - P_{II}^* (1 + \rho_{21} + \rho_{12} + \rho_{20} + \rho_{10})} \quad (9)$$

и далее

$$\lambda_1^* = \frac{M_1 P_{II}^*}{1 - P_{II}^* (1 + \rho_{21} + \rho_{12} + \rho_{20} + \rho_{10})} \quad (10)$$

Параметр  $P_{II}^*$  задается исходя из сформулированного ранее положения о доверительной вероятности.

Разработанные математические модели и расчетные формулы (4-8) позволяют установить целесообразные области изменения интенсивности обработки  $M_1$  для различных систем. Методика установления рационального  $M_1^*$  с учетом значений остальных параметров системы следующая. Строятся графики зависимостей  $P_{00} = P_{00}(M_1)$  и  $P_{II} = P_{II}(M_1)$ . Для уровня потерь производительности, например, 5 % определяем  $M_1^*$  из формул:

$$\mu_1^* = \frac{\lambda[1 - P_{11}^*(1 + P_{20} + P_{02} + P_{20} + 02)]}{P_{11}^*} \quad (11)$$

Уровень потерь для  $P_{11}^*$  может приниматься и другой, а его оценка должна быть экономической.

Важное значение для эффективной работы систем имеют рациональные параметры технического обслуживания, назначенные с учетом всего комплекса действующих и взаимовлияющих процессов. Для этого строятся графики зависимостей:

$$P_{02} = P_{02}(\mu_{02}), \quad P_{20} = P_{20}(\mu_{20}), \quad P_{22} = P_{22}(\mu_{22}).$$

При этом используются полученные ранее рациональные  $\lambda_1^*$  и  $\mu_1^*$ . Все они имеют вид кривых насыщения, рис. 4.

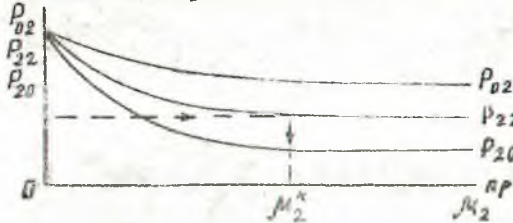


Рис. 4. График зависимостей  $P_{02} = P_{02}(\mu_{02})$ ,  $P_{20} = P_{20}(\mu_{20})$ ,  $P_{22} = P_{22}(\mu_{22})$ .

При  $\lambda_1 \rightarrow \infty$ ,  $P_{22} \rightarrow P_{22}^{\max}$ . Принимая расчетное  $P_{22} = 0,95 P_{22}^{\max}$ , устанавливаем по графику  $\lambda_1^*$ . Подставляя полученное значение  $\lambda_1^*$  в формулу (8) при известных  $\mu_1$ ,  $\lambda_{20}$ ,  $\mu_{20}$ ,  $\mu_{02}$ , определяем рациональную интенсивность ремонтов  $\mu_{20}^* + 02$ . Из формулы (8) устанавливаем  $\rho_{np}$ :

$$\begin{aligned} P_{22}^* &= \rho_1 \rho_{np} \frac{1}{1 + \rho_1 + \rho_1 P_{20} + \rho_1 P_{02} + \rho_1 \rho_{np}} \\ P_{22}^* (1 - \rho_1 + \rho_1 P_{20} + \rho_1 P_{02}) + \rho_1 \rho_{np} P_{22}^* &= \rho_1 \rho_{np} \quad (12) \\ \rho_{np} &= \frac{P_{22}^* (1 + \rho_1 + \rho_1 P_{20} + \rho_1 P_{02})}{\rho_1 (1 - P_{22}^*)} \end{aligned}$$

Для достижения максимальной, с учетом принятого уровня допустимых потерь, производительности системы продолжительность ремонтов в среднем не должна превышать значения

$$t_p^* = \frac{1}{\mu_{20}^* + 02}, \text{ час.} \quad (13)$$

Искомая интенсивность ремонтов составит:

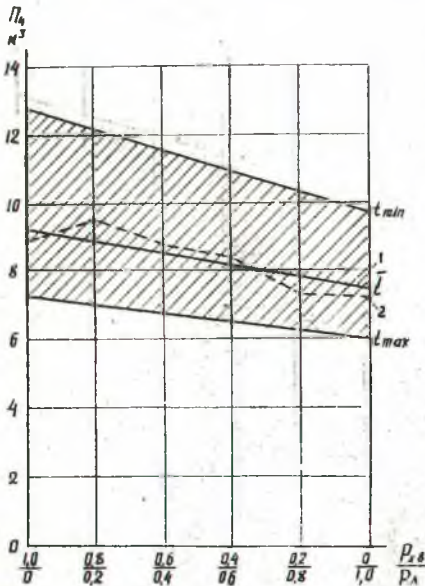
$$\lambda_{\text{нр}}^* = \frac{\lambda_{\text{нр}} P_i (1 - P_{22}^*)}{P_{22}^* (1 + P_1 + P_1 P_{20} + P_1 P_{20}^2)} \quad (14)$$

Согласно найденному значению  $\lambda_{\text{нр}}^*$  организуется система технического обслуживания и ремонтов эксплуатируемой машины.

В качестве комплексного показателя для формирования систем принята их производительность, которая с учетом вероятностной природы сырья (обломки ствола, верхинки, ветви, сучья и маломерная древесина) может быть определена как:

$$\begin{aligned} \Pi &= (T_{\text{см}} - t_{\text{н.з.}}) \varphi \Pi_{\text{ч}}, \text{ м}^3 \\ \Pi_{\text{ч}} &= (\Pi_{\text{ч11}} P_{11} + \Pi_{\text{ч12}} P_{12} + \dots + \Pi_{\text{ч1m}} P_{1m} + \Pi_{\text{ч21}} P_{21} + \Pi_{\text{ч22}} P_{22} + \dots + \\ &+ \Pi_{\text{ч2m}} P_{2m} + \dots + \Pi_{\text{чm1}} P_{m1} + \Pi_{\text{чm2}} P_{m2} + \dots + \Pi_{\text{чmm}} P_{mm}), \end{aligned} \quad (15)$$

где  $\varphi$  — коэффициент использования рабочего времени;  $\Pi_{\text{ч}}$  — производительность системы за 1 час чистой работы при переработке древесины различных пород и параметров;  $\Pi_{ij}$  — производительность системы за 1 час чистой работы при подаче сырья  $i$ -ой породы и  $j$ -ой крупности;  $P_{ij}$  — героятности встречающейся породы  $i$  и крупности  $j$  в общей массе перерабатываемого древесного сырья.



Учитывая статистическую природу продолжительности цикла, построены поля значений производительности системы для доверительных интервалов  $t_{\text{ч}} \pm 2\sigma_{t_{\text{ч}}}$  и различного соотношения пород в структуре поступающего сырья (рис. 5).

Рис. 5. Поля значений производительности системы для доверительных интервалов  $t_{\text{ч}} \pm \sigma_{t_{\text{ч}}}$  и различного соотношения пород.

1 — экспериментальные значения,  
2 — расчетные.

Максимальная производительность 14,5 м<sup>3</sup>/ч. достигается комплексом при  $t_4 - 26t_2$ . Диапазон изменений П для соотношений пород  $R_6/P_8$  суживается с увеличением доли лиственных пород и уменьшением коэффициента использования.

Условия рационального применения систем. Учитывая различную организацию производств цепи, базирующихся на рубильных машинах "Кархула" и "Валмет", и принимая критерием приведенные затраты, оценим области использования предложенных технологий с учетом комплекса основных влияющих факторов.

Приведенные затраты по двум вариантам технологии находились в зависимости от расстояния вывозки цепи ( $l$ ), коэффициента загрузки рубильной машины ( $K_3$ ) и коэффициента использования рабочего времени машины ( $\varphi$ ). Сменная производительность всей системы машин определена по производительности ЛТ-7А на вывозке цепи, который выполняет конечную операцию по выражению

$$P_{\text{см}} = \frac{N_p T_{\text{см}} K_3 \varphi}{\frac{2l}{V}}, \quad (16)$$

где  $N_p$  - нагрузка на рейс, м<sup>3</sup>;  $l$  - расстояние вывозки;  $K_3$  - коэффициент загрузки РМ;  $T_{\text{см}}$  - время смены (принято равным 7 часам);  $V$  - средняя скорость движения автопоезда, принята равной 50 км/час согласно данным предприятий Минлеспрома БССР;  $n$  - количество щеповозов в системе.

После соответствующих преобразований годовая производительность может быть определена из выражения

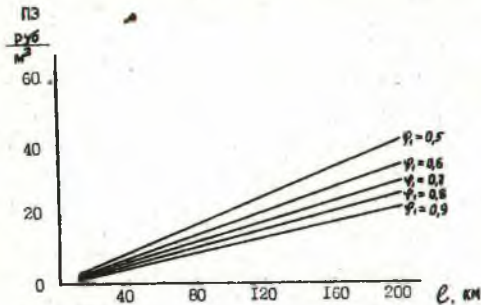
$$Q_r = \frac{13 \cdot 7 \cdot K_3 \varphi \cdot 250}{\frac{2l}{50}} = \frac{568750 \cdot K_3 \varphi}{l}, \text{ м}^3 \quad (17)$$

На основании текущих годовых затрат, одновременных и капитальных затрат по вариантам, отнесенных к годовой производительности, получены зависимости значений ПЗ от выделенных факторов для двух рассматриваемых систем:

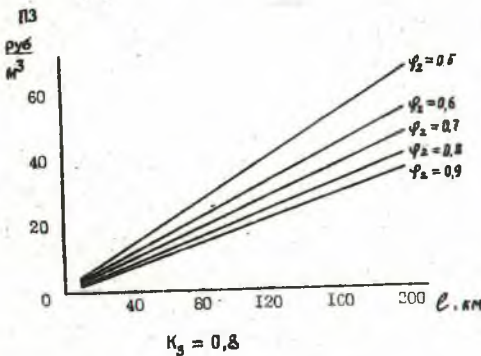
$$ПЗ_1 = \frac{(C + 0,15K)l}{568750 K_3 \varphi} = \frac{0,084l}{K_3 \varphi}; \quad (18)$$

$$ПЗ_2 = \frac{(C + 0,15K)l}{568750 K_3 \varphi} = \frac{0,124l}{K_3 \varphi}. \quad (19)$$

На рис. 6. представлены зависимости значений приведенных затрат для двух рассматриваемых систем.



а)



б)

Рис. 6. Зависимости ПЗ от расстояния транспортировки щепы и коэффициента использования рубильной машины. а) на базе РМ "Кархула" б) на базе РМ "Валмет"

В четвертой главе приведены экспериментальные исследования функционирования систем по производству щепы в условиях лесосек. Исследования проводились в объединениях "Витебсклес", "Бобруйскдрев", "Борисовдрев", "Мозырьдрев", "Мостовдрев", "Речицдрев".

Исследования базировались на фотохронометражных наблюдениях за нормально работающими системами и велись одновременно за всеми протекающими процессами: подготовкой сырья, поступлением его на переработку, переработкой его машиной, наступлении

Система, базирующаяся на РМ типа "Кархула", может эффективно функционировать с коэффициентом использования рабочего времени 0,7 и выше, а система с РМ типа "Валмет" - с коэффициентом использования рабочего времени не ниже 0,80. При этом первая система допускает увеличение расстояния вывозки по отношению ко второй на 35-40 км. при равных

$\psi$ .

Применение полученных результатов обеспечивает рациональное распределение систем по производству технологической щепы на лесосеке и привязку их к потребителям щепы в республике.

ем отказов и их устранением. С помощью подобного комплексного подхода были учтены взаимодействия анализируемых технологических процессов с предыдущими и последующими в технологическом потоке.

Отыскание параметров случайных процессов проводилось с помощью ЭВМ ЕС-1020, СМ-4 по стандартным программам.

В итоге обработки данных наблюдений получены параметры технологических операций. Для РМ с ручной загрузкой наиболее часто встречаемыми являются продолжительности работы от 3 до 18 минут, их встречаемость составляет от 18 до 22 %. Продолжительность более 23 мин. встречается 7,5 % случаев.

В общем балансе времени продолжительность производства щепы составляет 35,1 %. Значительные простои по организационно-техническим причинам - 32,2 %. Эти простои, как правило, из-за отсутствия щеповозов и полностью устранены. Простои по техническим причинам составили 7,5 %. На подготовительные операции по подготовке РМ к работе уходит 7,2 %, переезды - 4,7 %.

Для РМ с механизированной загрузкой наиболее часто встречаемые продолжительности работы - 9 минут (29 %). Продолжительность работы менее 4 и более 9 минут соответственно составляют 17 и 31 %. А продолжительности более 35 минут встречаются в 5 % случаев.

Снижению производительности рубильной машины способствуют следующие факторы: неравномерность подачи сырья, приводящая к заклиниванию подающего транспортера; малая концентрация сырья, попадание гнилого валежника.

Посредством имитационного моделирования с реально встречаемыми диаметрами отходов установлена зависимость коэффициента загрузки от диаметра поступающего сырья. Максимальное значение колеблется в пределах 0,74 - 0,80.

Максимальный  $K_3$  достигается при совместной загрузке сырья больших (16 - 25 см) и малых диаметров (3-7 см).

По данным наблюдений за работой систем построены циклограммы. На основании анализа циклограмм установлено, что система с механизированной загрузкой работает устойчиво во времени 2,4 раза по сравнению с ручной.

В пятой главе выполнены расчеты экономической эффективности производства щепы в условиях лесосеки в сравнении с производством ее у потребителя. Определены экономические вы-



годные расстояния транспортировки щепы.

Установлены для обеих систем минимально допустимые коэффициенты использования рубильных машин. Системы внедрены в 9 лесопромышленных объединениях. Результаты практического внедрения предложенных технологических процессов по производству щепы в условиях лесосеки дали положительный экономический эффект в размере 5,05 руб. на  $1 \text{ м}^3$  заготовленной технологической щепы.

#### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании проведенных исследований представляется возможным сделать следующие выводы и рекомендации производству:

Для эксплуатационных условий БССР на 1 га вырубленной лесосеки в среднем приходится  $15,6 \text{ м}^3$  отходов лесозаготовок, в том числе пригодных для переработки -  $12,5 \text{ м}^3$ . При средней площади лесосеки - 5 га, которая сохранится и в перспективе, на каждой лесосеке сосредотачивается около  $62,5 \text{ м}^3$  отходов всех видов.

Объем отходов зависит от следующих факторов, в порядке приоритета: типа технологического процесса и технического оснащения основных лесосечных работ, породного состава насаждений, возраста насаждений, подроста, объема хлыста, запаса древесины на 1 га и др.

Для всех видов отходов установлены статистические параметры: диаметров, длин, объемов для лесопромышленных предприятий БССР, необходимые для проектирования, создания и эксплуатации оборудования.

Объемы отходов на  $1000 \text{ м}^3$  заготавливаемой древесины составляют: маломерная древесина  $6,75 \text{ м}^3$ ; обломки стволов  $18,36 \text{ м}^3$ ; верхинки  $11,56 \text{ м}^3$ ; сучья  $31,37 \text{ м}^3$ ; в хвойных насаждениях соответственно 4,32; 16,30; 6,63;  $31,43 \text{ м}^3$ . В лиственных - 8,48; 19,85; 16,67;  $31,34 \text{ м}^3$ . Такие данные получены для каждого лесопромышленного предприятия Минлеспрома БССР.

Разработаны математические модели функционирования систем по производству щепы и другой лесопроизводственной продукции из отходов на лесосеке, позволяющие выбрать рациональные параметры и режимы технических систем, с учетом влияющих статистических факторов сырья, оборудования, организации процесса.

Разработана методика расчета производительности систем машин по производству техщепы в условиях лесосеки с учетом

различных категорий поступающего сырья и соответствующих вероятностных процессов. Она обеспечивает расчет производительности рассматриваемых систем с необходимой точностью.

Для условий Белоруссии разработан 9 рациональных технологий производства щепы в условиях лесосеки. С помощью технико-экономических моделей оценены рациональные области применения технологических схем "поставщик"- "потребитель" по производству щепы из отходов лесозаготовок и низкотоварной древесины на базе рубильных машин с вывозкой щепы автощеповозами.

Схема, базирующаяся на машине типа "Каргула-312В", может эффективно функционировать с коэффициентом использования рабочего времени 0,7 и выше, а схема на базе машины типа "Валмет ТТ-1000ТУ" - с коэффициентом не ниже 0,80. Целесообразные расстояния вывозки соответственно составляют не более 110 и 75 км. Приведенные затраты по сравниваемым процессам на 20-40 % ниже при использовании машин типа "Каргула-312В", однако при использовании машин типа "Валмет ТТ-1000ТУ" на 30-35 % снижается доля ручного труда.

На каждом  $1 \text{ м}^3$  технологической щепы, произведенной в условиях лесосеки, народнохозяйственный эффект составляет 5,05 руб. по сравнению с использованием древесины, завозимой с других регионов страны.

Эффективность производства  $1 \text{ м}^3$  щепы из отходов и маломерных деревьев составляет 15,04-2,14 руб/ $\text{м}^3$  в зависимости от расстояния вывозки щепы потребителю (50 - 150 км).

На 0,77 руб/ $\text{м}^3$  повышается эффективность основного лесозаготовительного производства за счет увеличения среднего объема хлыста, поступающего в обработку на основные потоки.

Результаты практического внедрения предложенных технологических процессов по производству технологической щепы в условиях лесосеки на предприятиях Минлеспрома БССР дали положительный экономический эффект.

В 1987 году по Минлеспрому БССР произведено 103,1 тыс.  $\text{м}^3$  щепы в условиях лесосеки, что обеспечило экономический эффект 520,7 тыс. руб. В 1990 году планируется произвести около 300 тыс.  $\text{м}^3$  щепы. Для создания в отрасли малоотходной технологии необходимо производить 400-500 тыс.  $\text{м}^3$  щепы из указанных видов отходов.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на полную переработку ветвей и сучьев на щепу с ее последующей сортиров-

кой на технологическую щепу, топливную щепу и хвою для получения хвойно-витаминной муки или паст. Необходимы также комплексные исследования по излечению пней и корней и их использование параллельно с основным технологическим процессом.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Пашковский М.Н. Путь к безотходной технологии. Лесная промышленность, №5, 1983.-с.15.

2. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Производство технологической щепы в Белоруссии.-Лесная промышленность, №2, 1984.-с.11-12.

3. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Положение по производству технологической щепы в условиях лесосеки.-Минск:Минлеспром БССР, 1984.-7с.

4. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Оценка лесосечных отходов и пути повышения их использования.-Минск, БелНИИЛТИ, 1984.-28с.

5. Пашковский М.Н. Условия создания безотходных технологий на лесозаготовках БССР. //Тезисы доклада к Всесоюзной научной конференции.-Минск, 1985.-с.93-94.

6. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Безотходные лесозаготовительные процессы. //Тезисы доклада к Всесоюзной научно-технической конференции.-Архангельск, 1985.-с.75-76.

7. Турлай И.В., Гейзлер П.С., Пашковский М.Н. Расчет к внедрению малоотходной технологии.-Лесная промышленность, №10, 1985.-с.16-17.

8. Пашковский М.Н. Структура и характеристика отходов в лесозаготовительном процессе БССР //Механизация лесоработок и транспорт леса.-Минск, 1985.-Вып.15.-с.27-30.

9. Пашковский М.Н., Турлай И.В., Гейзлер П.С. Эффективность и пути рационального использования отходов лесозаготовок и малоценной древесины в БССР.-Минск, БелНИИЛТИ, 1986.-35с.

10. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Малоотходные лесозаготовительные процессы в БССР.-Лесная промышленность, №7, 1986.-с.7.

11. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Опыт работы Борисовского леспромхоза по сокращению ручного труда и полному использованию древесины. //Информационный листок/.-Минск:БелНИИЛТИ, 1987.2с.

12. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Опыт работы Борисовс-

кого леспромхоза производственного объединения "Борисовдрев" по сокращению ручного труда и максимальному использованию древесины. // Научно-технический реферативный сборник // -М.: ВНИПИЭИ леспром. -1987. с.10-11/ Лесозаготовка и лесосплав. -Вып.3/.

13. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Определение оптимальных систем машин для производства щепы на лесосеке. // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. -Минск, 1987. -Вып.2. с.22-23.

14. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Опыт Гомельского леспромхоза по внедрению безотходной технологии на лесосечных работах. // Информационный листок/. -Минск: БелНИИПИ, 1988. 2с.

15. Пашковский М.Н., Турлай И.В. Пути рационального использования отходов лесозаготовок в БССР. // Лесозаготовка и лесосплав: Экспресс-информ./ -М.: ВНИПИЭИ леспром, -1988. с.15-21. -Вып.2.

16. Пашковский М.Н., Турлай И.В. На пути к малоотходной технологии. -Лесная промышленность, №3, 1988. -с.25.

Отзывы на ватореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим прислать по адресу: 220630, г.Минск, ул. Свердлова, 13а, ВТИ, специализированный совет.

Михаил Николаевич Пашковский

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕПЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСЕКИ  
(НА ПРИМЕРЕ БССР)

Подписано в печать 26.01.89 . АТ 10171 . Формат 60x84 <sup>1</sup>/16  
Печать офсетная. Усл. печ.л.1,17. Усл.кр.-отт.1,17.Уч.-изд.л.1,0  
Тираж 100 экз. Заказ 22 . Бесплатно.

Отпечатано на ротапринтере Белорусского ордена Трудового  
Красного Знамени технологического института им. С.М.Кирова.  
220630. Минск, Свердлова, 13.