

630*8
С 67

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

На правах рукописи

СОТОНИН Николай Яковлевич

630*83

УДК 630*839:631.572.004.8

ПРОЦЕСС ДРОБЛЕНИЯ СУЧЬЕВ ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКОЙ И ОБОС-
НОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЕЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА

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-1984

Работа выполнена в Уральском ордена Трудового Красного Знамени лесотехническом институте имени Ленинского комсомола на кафедре механизации лесоразработок.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ - кандидат технических наук,
доцент Н.В. ЛИВШИЦ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ: - доктор технических наук,
профессор Д.К. ВОЕВОДА

- кандидат технических наук,
доцент Г.И. ЗАВОЙСКИХ

ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ - Всесоюзное лесопромышленное
объединение "Пермлеспром"

Защита диссертации состоится "2" октября 1984 г.
в 14 часов на заседании специализированного совета
К-056.01.01 в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени
технологическом институте имени С.М. Кирова по адресу: 220630,
г. Минск, ул. Свердлова, 13-а, корпус 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке институ-
та.

Автореферат разослан "13" августа 1984 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат сельскохозяйствен-
ных наук, доцент

И.Э. РИХТЕР

ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

1. Актуальность темы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года", утвержденными на XXVI съезде КПСС, предусматривается увеличить объем выпуска продукции в лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности на 17-19% и повысить производительность труда на 16-18%, полнее использовать лесосырьевые ресурсы в Европейской части страны без ущерба окружающей среде.

702699

Одним из возможных путей получения дополнительного количества древесного сырья без существенного увеличения объема лесозаготовок является использование отходов лесозаготовок (сучьев, обломков хлыстов, оторцовок и др.). Использование отходов лесозаготовок ограничивается рядом трудностей технического, экономического и технологического характера, т. е. сучья представляют собой древесное сырье неудобное для транспортировки и переработки. Их разнообразными размерами, ветвистостью и кривизной объясняется то, что на заготовку и транспортировку, например, сырья для производства хвойно-витаминной муки приходится более половины всех производственных затрат. Много неудобств возникает с уборкой сучьев от стационарных сучкорезных машин на нижних складах леспромхозов. Использование мощности рубильных машин при измельчении отходов лесозаготовок на щепу крайне мало из-за того, что подача их в машину ведется вручную при неполной их загрузке. Кроме того, разделение измельченных до размеров щепы сучьев на древесную зелень, технологическую щепу, а иногда и на кору представляет определенные трудности. По этим причинам древесина сучьев практически не перерабатывается. Исходя из этого представляется целесообразным предварительно измельчать лесосеменные отходы на отрезки длиной 20-30 см, что даст возможность более эффективно отделять от древесины древесную зелень и при необходимости окаригать эти отрезки.

2. Цель работы. Исследование процесса дробления отходов лесозаготовок с целью определения основных параметров установки, обеспечивающей их деление на отрезки, что позволит увеличить экономически доступные ресурсы древесного сырья.

Методика исследований. В основу исследования был положен экспериментально-аналитический метод. Опытные данные,

полученные в виде осциллограмм, диаграмм и наблюдений, обрабатывались известными методами математической статистики. Обработка данных полученных полными факторными планами велась на ЭВМ по специальной программе.

3. Научная новизна состоит в том, что впервые выполнены теоретические и экспериментальные исследования процесса измельчения сучьев дисками и параллельными ножами путем резания и излома, позволившие обосновать геометрические параметры рабочих органов и силовые параметры валковой дробилки, обеспечивающей получение отрезков заданной длины.

4. Практическая ценность работы заключается в разработке научно-обоснованных рекомендаций по основным силовым, геометрическим и размерным параметрам валковой дробилки. Практическую ценность выполненной работы подтверждают результаты эксплуатации опытных образцов валковой дробилки в производственных условиях в объединении "Алапаевсклес" и Бисертском опытном лесопромхозе (СНПЛО).

Полученные результаты исследований в виде аналитических и графических зависимостей могут быть использованы научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими организациями для инженерных расчетов при проектировании дробилок (дробильных установок), предназначенных для дробления отходов лесозаготовок.

5. Апробация работы. Основные положения, результаты и выводы исследований были изложены на научно-технической конференции в УЛТИ имени Ленинского комсомола на лесоинженерном факультете (1978 г.); на научно-технической конференции НТО лесной промышленности г. Свердловск (1980 г.); на выездном совещании комиссии лесной промышленности лесотехнической секции НТС Минвуза СССР по выполнению в соответствии с приказом Минвуза СССР № 1252 (г. Йошкар-Ола, 1982 г.); на расширенном заседании кафедры технологии лесозаготовок Белорусского технологического института (1984 г.).

Реализация работы. Результаты исследований отражены в отчетах УЛТИ по теме "Исследование способов и технологии дробления материалов и экономическое обоснование измельчения отходов лесозаготовок" и др. (№ гос. регистрации 76031448, 78030773, 80023965) за 1976-1977; 1979; 1980 годы.

Результаты исследований процесса измельчения стходов лесозаготовок использованы:

- при проектировании Пермским ПКТБ опытного образца валковой дробилки (измельчителя), работающего по способу резания;
- при проектировании и изготовлении опытной валковой дробилки установленной в технологической линии объединения "Алапаевсклес" и Бисертском опытном лесопромхозе. Эксплуатация опытных образцов валковой дробилки в производственных условиях позволила осуществить проверку теоретических и экспериментальных исследований, результаты которых подтвердили надежность работы валковой дробилки, высокую производительность.

Результаты, полученные в настоящей работе, явились основанием для включения темы в координационный план Минвуза СССР по проблеме "Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов в 1981-1985 г.г. (Приказ Минвуза СССР № 1252 от 31.12.81 г.).

Материалы диссертационной работы и экспонаты представлялись на Всероссийские и областную выставки и было получено 3 диплома.

Публикация работы. По материалам диссертации опубликовано 10 работ и получено 9 авторских свидетельств на изобретения.

Объем и структура диссертации. Материалы диссертации изложены на 204 страницах и состоят из общей характеристики работы, четырех разделов, выводов и рекомендаций производству, списка использованной литературы и приложения. Текст иллюстрируется 13 таблицами и 72 рисунками. Список использованной литературы содержит 121 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ

В первом разделе приведено обоснование диссертационной работы, показана ее актуальность, сделан обзор исследований, сформулированы цель и задачи работы.

В обзоре рассмотрены исследования:

1) изучению параметров сучьев и кроны как объекта измельчения - работы Неотеренко В.Г., Якубицкого В.А., Симонова М.Н., Некрасова Р.И., Павлова Э.Н., Вагина С.И., Шипилина Н.А., Плотникова Ю.В., Бархатова В.А.;

2) дроблению и измельчению сучьев и древесной зелени - работы Иевеня И.К., Подыниглазова А.А., Кевиньша Ю.Ю. и др.;

3) бесстружечному резанию сучьев - работы Нестеренко В.Г., Захаренкова Ф.Е., Кочегарова В.Г., Меньшикова В.Н., Воеводи Д.К., Леонова Б.А., Манжоса Ф.Т., Гороховского К.Ф. и др.;

4) бесстружечному резанию древесины - работы Азаренка В.А., Завойских Г.И., Андреева М.Н., Овчинникова В.В. и др.

Исследования этих авторов позволяют сделать ряд выводов:

- бесстружечное резание является одним из перспективных способов обработки древесины;

- основная трудность в использовании сучьев для получения щепы заключается в их неоднородности, ветвистости, наличием на них древесной зелени и коры, а обломков хлыстов, оторцовок и других отходов - в разнообразии геометрических размеров;

- процесс дробления сучьев на отрезки в валковых дробилках никем ранее не исследовался;

- полученные ранее экспериментальные данные не применимы для случая измельчения отходов лесозаготовок.

В работе приведены исследования нового способа дробления сучьев, сущность которого заключается в том, что сучья делятся на отрезки длиной 20-30 см. При дальнейшем использовании от них может быть отделена древесная зелень, предназначенная для выработки хвойно-витаминной муки, пихтового масла, а отрезки сучьев - для получения технологической щепы.

Принципиальная схема дробилки, позволяющая измельчать сучья на отрезки (рис.1.) представляет собой два валька I с заостренными дисками 2 и параллельными ножами 3, рамы 4 (привод на рисунке не показан). Такая дробилка может монтироваться ниже режущей головки сучкорезных установок или на тракторе. Работает она следующим образом: сучья, после обрезки, падают или подаются на вальки в хаотичном порядке и перерезаются дисками или параллельными ножами на отрезки. В зависимости от температуры окружающего воздуха дробилка может настраиваться на дробление изломом или резанием.

В задачу исследований входило:

I. Проведение теоретических исследований процесса из-

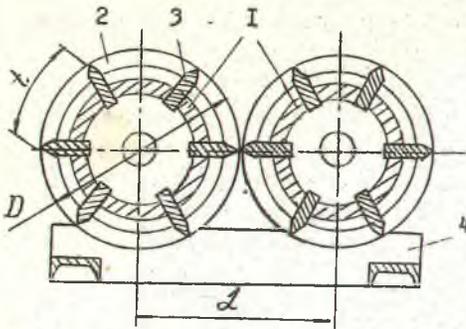


Рис. 1. Принципиальная схема валковой дробилки.

- I - валки;
 2 - диски;
 3 - параллельные ножи;
 4 - рама.

мельчения сучьев методом резания и излома;

- исследование кинематических и силовых параметров при резании сучьев дисками;
- исследование кинематических и силовых параметров процесса резания сучьев параллельными ножами;
- исследование процесса измельчения сучьев изломом;
- разработка основных теоретических положений взаимодействия ножей дробилки с перерезаемыми сучьями.

2. Экспериментальная проверка теоретических положений процесса измельчения сучьев и вершин на лабораторных установках и получение экспериментальным путем некоторых показателей, необходимых при расчетах.

3. Проведение экспериментов и анализ результатов работы промышленных установок и обоснование конструкции валковой дробилки, ее геометрических параметров и режимов обработки дроблением.

Второй раздел посвящен теоретическому обоснованию процесса резания сучьев дисками и параллельными ножами, излому сучьев и разработке режущего органа.

Сучья, падая на вращающиеся диски затягиваются силами трения между режущими кромками дисков и древесиной. Принимаем, что диски врезаются в древесину сучьев симметрично, а силы P_p обоих дисков равны и условно расположены на режущей кромке диска. Получена зависимость распорного усилия между дисками:

$$P_x = \frac{\cos \beta/2}{2\mu} [6p S_p \operatorname{tg} \alpha (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta/2) - mg], \quad (1)$$

где μ - коэффициент трения между фасками дисков и древесиной; σ_p - предел прочности древесины на разрыв, МПа; S_p - площадь перемычки, м²; φ - угол захвата, рад; ρ - угол трения, рад; β - угол заострения, рад; m - масса образца, кг.

При перерезании дисками сучьев больших диаметров, захват и перерезание их осуществляется со скольжением. Поэтому изменяется кинематический угол β' заострения дисков.

Крутящий момент при перерезании сучьев дисками

$$M = \frac{8n_g \sigma_p m z}{3 \sin \beta} \left[\frac{(R+z) \cos \varphi - R}{\cos \varphi} \right] \sin(\alpha \pm \cos \frac{R(1 - \cos \varphi)}{z \cos \varphi}), \quad (2)$$

где R, z - радиус дисков и радиус образца, м; σ - разрушающее контактное напряжение, которое определено экспериментально, МПа; n_g - число дисков

$$n_g = \frac{d}{l_0} - 1.$$

здесь d - длина сучьев, м; l_0 - длина отрезка сучьев, м.

При дроблении сучьев параллельными ножами возможны два случая: при первом происходит процесс резания без излома, а при втором резание с одновременным изломом сучьев.

В случае перерезания сучьев параллельными ножами 3 без излома (рис. I.) момент сопротивления внедрению ножа определится из выражения

$$M = R \sqrt{P_y^2 + P_x^2} \cos(\alpha + \varphi), \quad (3)$$

где P_y и P_x - проекции всех сил, спроектированных на координатные оси

$$P_y = \sigma S_2 [\cos(\varphi - \beta/2) + \mu \sin(\varphi - \beta/2) + \sigma S_1 \cos(\varphi + \beta/2) (\mu + 1) + P_n (\sin \varphi - \mu \cos \varphi)]; \quad (4)$$

$$P_x = \sigma S_2 [\mu \cos(\varphi - \beta/2) + \sin(\varphi - \beta/2) + \sigma S_1 \sin(\beta/2 + \varphi) + P_n (\cos \varphi + \mu \sin \varphi)]; \quad (5)$$

где σ - разрушающее контактное напряжение; P_n - усилие на лезвии, Н; S_1, S_2 - площади касания граней ножа с древесиной.

Площади касания ножа с образцом в момент разрыва перемычки (неперерезанной части сучка) найдется из выражения

$$S = \frac{z^2}{2} \left[\frac{1256}{360} \arccos\left(1 - \frac{h}{2}\right) - \sin\left(2 \arccos\left(1 - \frac{h}{2}\right)\right) \right], \quad (6)$$

где h - глубина внедрения ножа.

При условии подстановки глубины внедрения граней ножа в сучок h_1 и h_2 вместо h .

$$h_1 = \frac{d - \Delta}{2 \cos(\varphi + \beta/2)} \quad ; \quad h_2 = \frac{d - \Delta}{2 \cos(\varphi - \beta/2)}$$

где d - диаметр образца; Δ - величина перемычки.

При перерезании сучьев параллельными ножами с изломом, ножи также поворачиваются на угол φ и внедряются в древесину сучка. При этом один из ножей 2 (рис. 2.) внедряется в сучок и переламывает его на двух других ножах I и 3, которые в этом случае выполняют роль опоры. Затем подходит следующий нож 3 и ломает сучок на ножах 2 и 4 и т.д. Максимальное усилие излома ($P_{изл}$) направлено по радиусу под углом φ .

В случае излома сучьев около оси O_1, O_2 усилие излома $P_{изл}$ равно распорному усилию P и определяется по формуле

$$P = 2 \sum_{\tau}^N n_c \left[\frac{26h''\delta}{3} \sin(\beta + \rho) \cos \varphi + \frac{M}{d} \sin \varphi \right] c, \quad (7)$$

где n_c - число одновременно ломаемых сучьев; h'' - глубина внедрения ножа; d - диаметр дисков; c - коэффициент неодновременности излома.

При изломе сучьев острыми ножами часть образца перерезается и в этом случае усилие на излом требуется меньше, чем тупыми ножами. Оставшаяся часть образца испытывает напряжение растяжения. Нижние годичные слои разрываются от прогиба образца, а средние - от воздействия нормальных напряжений.

В случае излома сучьев невращающимися ножами усилие излома определится

$$P_{изл} = \delta b \delta \rho + \frac{2M}{d} \frac{\cos(\varphi - \beta/2) \sin(\beta/2 + \rho)}{\cos \rho}, \quad (8)$$

где δ - радиус закругления ножа; b - длина ножа, участвующего в процессе резания; $\delta \rho$ - разрушающее контактное напряжение; M - крутящий момент; d - диаметр валков, м; ρ - угол трения.

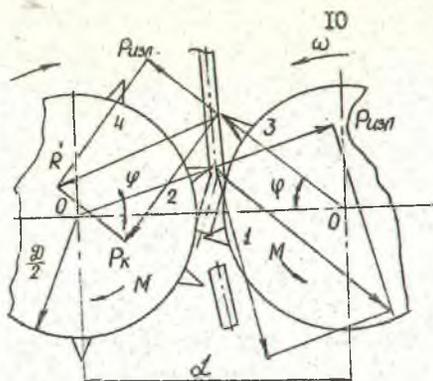


Рис.2. Расчетная схема для определения силовых и геометрических параметров дробилки при дроблении изломом.

При описанных видах излома с предварительным надрезанием, последний имеет очень важное значение с точки зрения уменьшения энергозатрат, но следует обратить внимание на расположение надреза относительно напряжения изгиба, т.к. расположение надреза с внешней стороны прогиба, очевидно, резко уменьшит усилие излома.

Мощность на дробление определится по формуле

$$N_g = 2n_n \pi n \left(\frac{D}{D + (d + h)} \right) K_1 K_2 C P_k, \quad (9)$$

где n_n - число пар ножей на валках; K_1, K_2 и C - коэффициенты, зависящие от породы сучьев, состояния древесины сучьев и одновременности их резания или излома, соответственно; h - глубина внедрения ножа в древесину образца; P_k - касательное усилие.

Основные параметры рабочего органа дробилки. К ним относятся: диаметр и длина валков, расстояние между валками; расстояние между ножами или дисками, угол захвата, высота ножей, число ножей или дисков, зона излома и другие.

1. Длина валков определяется размерами подаваемых для дробления сучьев и вершин при расположении вдоль валков и равна $l_b = d_m - 2l_0$, где l_0 - длина отрезков сучьев, d - длина сучьев.

2. Диаметр валков взаимосвязан с углом захвата и диаметром сучьев

$$D = \frac{d - d'}{1 - \cos \varphi}$$

II

где φ - угол захвата, который определяется в зависимости от диаметра сучьев $\varphi = a_1 + b_1 d + c_1 d^2$ и диаметра валков

где a_1, b_1, c_1 и a_2, b_2, c_2 - эмпирические коэффициенты.

- Диаметр дисков
$$D = \frac{d \cos \varphi - a'}{1 - \cos \varphi}$$

- Расстояние между валками дробилки определится для валков работающих по принципу:

- только резания $d = D + a'$,

- резания и одновременного излома

$$d = D - \frac{d_{max}}{2} + d_{min} - a'$$
, где D - диаметр валков;

d_{max}, d_{min} - соответственно максимальный и минимальный диаметры сучьев; a' - зазор между дисками или ножами.

- Расстояние между ножами, расположенными по окружности валка

$$t = \frac{2\pi D}{Z}$$

где Z - число ножей по окружности валка.

- Высота ножей
$$h = \frac{d_{max}}{2} - a'$$

- Число дисков
$$n_0 = \frac{d_m}{l_0} - 1$$

- Перекрывание ножей валков при изломе $\Delta = D - d$.

- Зону излома сучьев в дробилке назовем разностью между углом φ_1 , при котором сучок захватывается и углом φ_2 при котором он ломается $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$.

В третьем разделе представлены задачи, методика и результаты исследований, факторы определяющие процесс измельчения отходов лесозаготовок, дано описание экспериментальных установок, обработка результатов экспериментов, освещаются и обобщаются конечные результаты.

Эксперименты проводились при дроблении сучьев изломом, резанием параллельными ножами и дисками на универсальной испытательной машине ЦДМ 5/91, основной и дополнительной установках и в производственных условиях на валковой дробилке.

При изломе эксперимент состоял из двух этапов. Сначала

определялось усилие излома и величина перемещения ножа в зависимости от расстояния между ножами, породы древесины сучьев, диаметра сучьев и формы ножа (см. рис.3).

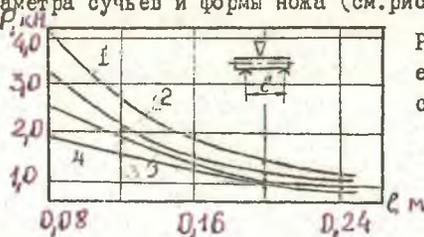


Рис.3. Усилие излома сучьев в зависимости от расстояния между опорами.

- 1 - ель;
2 - береза;
3 - осина;
4 - сосна.

Из графика видно, что усилие излома уменьшается с увеличением расстояния между ножами для всех пород.

На втором этапе в качестве метода исследования было использовано планирование эксперимента. Обработка результатов велась на ЭВМ "Наири-2" по специальной программе построения математической модели исследуемого процесса и проверке ее адекватности (по критерию Фишера). В данном случае вид модели неизвестен, так исследований этого процесса при помощи многофакторных планов ранее не проводилось, поэтому в прог рмму были введены линейная модель, В-план и Униформ рототабельный план.

Сначала экспериментальные данные обрабатывались по линейной модели. Если модель не адекватна, то переходили к моделям высокого порядка. В качестве выходной величины было усилие излома и величина перемещения ножей.

В результате обработки получены уравнения для:

- усилия излома

$$Y_1 = 2543 - 1028x_1 - 2164x_2 + 5883x_3 - 0733x_4 - 0398x_1x_2 - 0744x_1x_3 - 2221x_2x_3 + 3524x_3^2 + 0453x_1x_2 - 11x_1x_3; \quad (I0)$$

- величины перемещения

$$Y_2 = 33144 - 23x_1 + 272x_2 + 12467x_3 + 2556x_4 - 10694x_1^2 + 3956x_2^2 + 2906x_3^2 + 2394x_4^2 + 0944x_1x_2 - 3394x_2x_3 - 1106x_3x_4. \quad (II)$$

По уравнению (II) построен график (рис.4). Анализ уравнения регрессии в условных переменных показал, что на выходной параметр наибольшее влияние оказывает диаметр переламываемых сучьев.

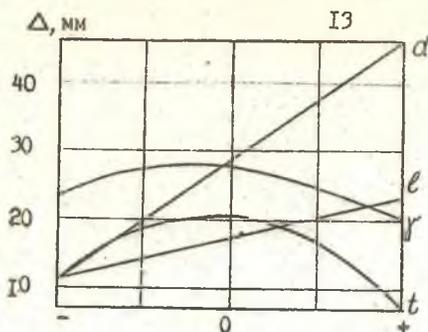


Рис. 4. Зависимость величины перемещения ножа от d, e, r, t при изломе сучьев.

Влияние остальных факторов находится примерно на одинаковом уровне. Во всех опытах в разрушающем образце сверху можно видеть зону перерезания волокон острым ножом на глубину 0,2-0,5 диаметра сучка. Большой размер относится к крупным сучьям.

Определена зона излома сучьев в дробилке. Это разность между углом φ_1 , при котором оучок захватывается и углом φ_2 , при котором он ломается. Зона излома для всех диаметров сучьев равняется от 0,26 до 0,30 рад. Кроме этого экспериментально были определены величина перемычки при резании параллельными ножами в зависимости от диаметра сучьев и диаметра валков. Результаты опыта приведены в табл. I.

Таблица I.

Величина перемычки

Диаметр валков	Диаметр сучьев, м		
	0,01	0,02	0,03
0,3	0,0023	0,0049	0,0075
0,45	0,0021	0,0044	0,0069
0,6	0,0020	0,0042	0,0064
Прямолинейное движение ножа	0,0018	0,0040	0,0062

При перерезании сучьев параллельными ножами определялось усилие резания в зависимости от породы древесины, схемы расположения ножей, диаметра сучьев и др.

I. Удельное усилие резания. В зависимости от породы удельное усилие резания составляет, соответственно, для сос-

ны, осины, березы и ели – 0,546; 0,625; 0,746 и 0,689 МПа. Изменение усилия резания в зависимости от диаметра сучьев показано на рис.5.

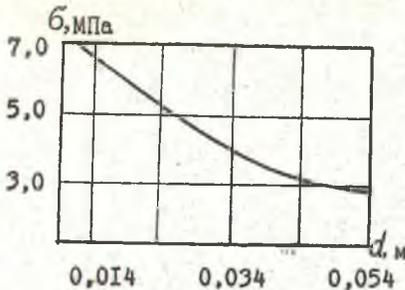


Рис.5. Удельное усилие резания двусторонними сходящимися ножами в зависимости от диаметра сучьев.

2. Предел прочности древесины сучьев при разрыве. Определение предела прочности древесины на разрыв продиктовано сложностью определения усилия разрыва перемишки теоретическим путем. Результаты опыта для $\bar{d} = 0,02$ м приведены ниже. Для березы, осины, осины и ели – 41,0; 37,6; 40,0 и 52,5 МПа.

3. Усилие и крутящий момент при перерезании сучья вращающимися двусторонними и односторонними ножами. Наименьшее усилие и крутящий момент оказались для двусторонних ножей. В качестве примера приведены уравнения связи для сучьев ели.

$$P = 2854 - 361,5d + 13,6d^2 \quad (12)$$

$$M = 3844 - 421,3d + 13,7d^2 \quad (13)$$

где d – диаметр сучьев, мм.

4. Перерезание сучьев вращающимися ножами с изменяемым радиусом вращения. Для чего был поставлен многофакторный план. После статистической обработки на ЭВМ получено уравнение.

$$Y = 1,85 - 0,7x_1 + 1,77x_2 - 0,5x_1x_2 + 0,24x_1^2 + 0,55x_2^2 \quad (14)$$

По уравнению регрессии в кодированных обозначениях факторов построены графики зависимости выходной величины от каждого из факторов (рис.6). Откуда видно, что интенсивность роста усилия резания (P) при уменьшении диаметра валка (D) мы не получаем значительного эффекта в степени уменьшения усилия резания. Происходит это при диаметре равном 0,5–0,6 м.

При резании дисками эксперимент проводился на дробилке

(рис. 1) без параллельных ножей Э.

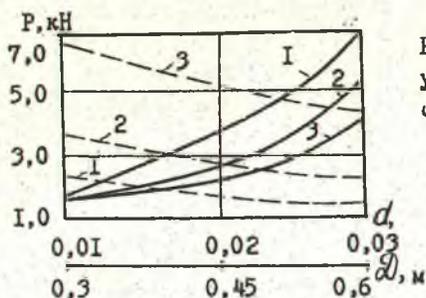


Рис. 6. График зависимости усилия резания от диаметра сучьев и диаметра валков

Крутящий момент записывался осциллографом и в зависимости от породы и диаметра сучьев показан на графике (рис. 7) и описывается уравнением

$$M = K_n (-10,15 + 1680,01d - 10000,09d^2), \quad (15)$$

где K_n — коэффициент, зависящий от породы сучьев, для сосны $K_n = 1$; ели $K_n = 1,25$; березы $K_n = 1,55$; d — диаметр сучьев, м.

Рис. 7. График зависимости крутящего момента от диаметра перерезаемых сучьев дисками

1 — сосна; 2 — ель;
3 — береза.



В четвертом разделе приведены результаты экспериментов по определению усилия излома и мощности двигателя в производственных условиях. Усилие излома замерялось отжимом подвижного вала специальным прибором, состоящим из протаскивающего механизма и механизма записи. После статистической обработки получено уравнение в зависимости от скорости вращения валков.

$$P = 1,154 + 1,285 V. \quad (16)$$

Одновременно с замером усилия излома сучьев при дроблении записывалась расходуемая мощность самопишущим ваттметром, мощность, затрачиваемая непосредственно на дробление, определялась по формуле:

$$N_p = N_a \eta_g \eta_p - N_{х.х.}, \quad (17)$$

где N_a – активная мощность потребляемая двигателем от сети;
 $\eta_g \eta_p$ – к.п.д. двигателя и редуктора; $N_{х.х.}$ – мощность при-
 водного двигателя затрачиваемая на холостой ход.

После обработки экспериментальных данных, в результа-
 те вычисления получены уравнения связи для:

– удельной мощности при измельчении сучьев березы
 $d = 0,03$ м в зависимости от окружной скорости валков

$$N = 0,423 + 0,799V, \quad (18)$$

– удельной мощности в зависимости от диаметра измель-
 чаемых сучьев

$$N = K_n K_v (0,944 + 14,86d - 210,3d^3 + 1666,59d^5), \quad (19)$$

где K_n – коэффициент, зависящий от породы сучьев, для осины
 $K_n = 1$; для березы $K_n = 1,4$; K_v – коэффициент зависящий от ок-
 ружной скорости валков, для скорости $V = 1$ м/с $K_v = 1$;
 для $V = 1,32$ м/с $K_v = 1,2$; для $V = 2$ м/с $K_v = 1,7$;

– удельной мощности, при измельчении сучьев березы
 $d = 0,06$ м в зависимости от числе одновременно подаваемых
 сучьев в дробилку

$$N = 1,5692 - 0,175n + 0,00764n^2 \quad (20)$$

На основании экспериментальных данных построены гра-
 фики (рис.8. и рис.9.).

Рис.8. График удельной
 мощности в зависимости
 от диаметра сучьев.

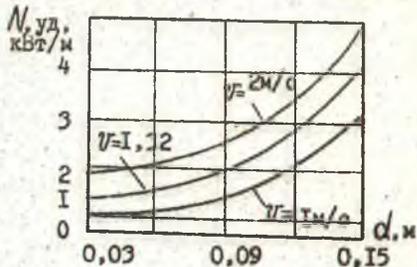
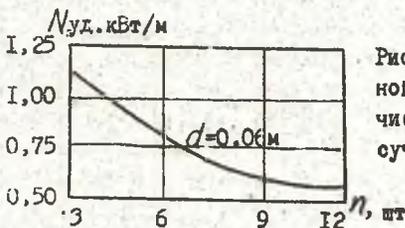


Рис. 9. График удель-
 ной мощности в зависимости от
 числа одновременно измельчаемых
 сучьев (n).

Экономические расчеты показывают, что валковая дробилка позволит обеспечить условно-годовую экономию, с объемом вывозки леса 320-400 тыс.м³ в сумме 52 тыс.руб. и можно получить дополнительной продукции на 333,5 тыс.руб.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Разработана новая технология по использованию отходов лесозаготовок (сучьев, вершин и т.п.).

2. Процесс дробления сучьев в валковой дробилке с вращающимися ножами, где происходит только бесстружечное резание сучьев дисками и параллельными ножами или бесстружечное резание с одновременным их изломом, ранее не изучался. Необходимость исследования такого процесса обусловлена тем, что измельчение сучьев в рубильных машинах ведет к получению массы, содержащей большое количество зелени, отделение которой от щепы представляет значительные трудности.

Одним из путей решения проблемы использования сучьев и других отходов лесозаготовок в народном хозяйстве является двухстадийное их измельчение; при котором первоначально сучья, вершинки и т.д. дробятся на валковой дробилке на отрезки определенной длины с последующим разделением полученной массы на древесную зелень и отрезки сучьев.

3. В результате исследований выявлено, что основными факторами, влияющими на процесс дробления валковой дробилкой является диаметр сучьев и валков, окружная скорость валков, расстояние между ножами, порода и состояние древесины сучьев, число одновременно дробимых сучьев, а также форма и положение ножей.

4. Исследования показали, что двусторонние параллельные ножи позволяют осуществлять перерезание сучьев с усилием в 1,4-1,5 раза, а крутящий момент в 1,1-2,5 раза меньше по сравнению с односторонними ножами. Усилие излома острым ножом на острых опорах на 33% больше, чем на тупых опорах и меньше на 22% по сравнению с изломом тупым ножом на тупых опорах, качество же дробления при изломе сучьев острым ножом на острых опорах наилучшее.

5. С увеличением частоты вращения в 2 раза удельное распорное усилие возрастает на 50% и находится по формуле (16).

6. Получены уравнения связи для действующих усилий и потребной мощности от диаметра сучьев, окружной скорости валков. Определены оптимальные размеры валков, форма и углы заострения дисковых и параллельных ножей, шаг их установки, величина перекрытия ножей и т.д.

7. Экспериментальные исследования подтвердили возможность деления сучьев на отрезки путем их излома и резания вращающимися ножами и дисками. Независимо от положения при подаче сучья хорошо затягиваются ножами в зону дробления, что исключает затраты ручного труда при их подаче.

8. Как показали исследования, диаметр и длина валка зависит от размеров сучьев. Для дробления сучьев диаметром до 0,15 м подаваемых хаотично, диаметр валка должен быть 0,5-0,6 м, длина 1,5-2 м, параллельные ножи и диски должны иметь двустороннюю заточку и установлены с шагом 0,2-0,3 м (в зависимости от назначения получаемого сырья).

9. Результаты производственных испытаний валковой дробилки в основном совпали с теоретическими и экспериментальными исследованиями, что подтверждает их достоверность и обоснованность.

10. Валковую дробилку целесообразно использовать в качестве головного механизма в технологическом потоке для двухстадийного измельчения сучьев с последующим отделением древесной зелени и окоркой отрезков сучьев перед подачей в рубильную машину.

11. Производительность валковой дробилки в основном определяется ее геометрическими размерами, частотой вращения валков и коэффициентом загрузки дробилки, зависящим от направления загрузки.

12. Расчеты, выполненные на основе экспериментальных и производственных исследований, показали, что применение валковой дробилки возможно как на лесосеке, так и, преимущественно, на нижнем складе. При грузообороте нижнего склада 400 тыс. м³ за счет применения валковой дробилки можно получить дополнительной продукции на 333,5 тыс. руб., а условно-годовая экономия составит 51,85 тыс. руб.

В условиях производственного лесозаготовительного объе-

динения "Алапаевсклес" экономический эффект от внедрения технологического потока измельчения отходов лесозаготовок составил 14 тыс.руб. в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах автора.

1. Определение основных параметров валковой дробилки для дробления отходов лесозаготовок (сучьев и вершин).-Лесной журнал, 1980, № 2, с.112-114.

2. Новая схема уборки отходов.- Лесная промышленность, 1976, № 21, с.21.(в соавторстве с В.В.Смердовым).

3. О сопротивлении сучьев излому.- Труды/УЛТИ, 1976, с.166-170. (в соавторстве с В.В.Смердовым).

4. Технико-экономическая оценка эффективности схемы уборки и утилизации отходов.- Лесозэксплуатация и лесосплав, 1977, № 20, с.14-15. (в соавторстве с В.В.Смердовым).

5. Двухвалковая дробилка отходов.- Лесная промышленность, 1978, № 8, с.23. (в соавторстве с В.В.Смердовым).

6. Измельчение кускового древесного сырья в валковых дробилках. В кн.: Перспективы повышения эффективности лесозаготовительного производства в XI пятилетке. Свердловск, 1980, с.11-14. (в соавторстве с В.В.Смердовым).

7. Обоснование рабочего органа валковой дробилки.- Науч. труды/ЛТА, 1980, вып. 9 с.123-127. (в соавторстве с Н.В.Лившицем, В.В.Смердовым).

8. Получение топливной щепы из отходов лесозаготовительного производства.- Лесозэксплуатация и лесосплав, 1982, № 15, с.5-6. (в соавторстве с В.В.Смердовым, В.А.Балезиным).

9. Валковая дробилка для отходов.- Лесная промышленность, 1983, № 7, с.16-17. (в соавторстве с Н.В.Лившицем, В.В.Смердовым).

10. Определение энергетических параметров дробилки.- Науч. труды/ЛТА, 1983, вып.12, с.101-104. (в соавторстве с В.В.Смердовым).

11. А.с.592532 (СССР). Устройство для резки движущегося длинномерного предмета.- Оpubл. в Б.И., 1978, № 6.(в соавторстве с В.В.Смердовым, Г.М.Васильевым).

12. А.с. 808281 (СССР). Машина для переработки древесной растительности на технологическую щепу. - Оpubл. в Б.И., 1981, № 8. (в соавторстве с В.В.Смердовым).

13. А.с. 844042 (СССР). Устройство для измельчения отходов лесозаготовок.- Оpubл. в Б.И., 1981, № 25. (в соавторстве с К.Н.Боробьевым, В.В.Смердовым, Г.М.Васильевым).

14. А.с. 933466 (СССР). Устройство для измельчения отходов лесозаготовок.- Оpubл. в Б.И., 1982, № 21. (в соавторстве с Н.Л.Васильевым, С.Н.Сотониным).

15. А.с. 912268 (СССР). Валок дробилки.- Оpubл. в Б.И., 1982, № 10. (в соавторстве с С.Н.Сотониным).

16. А.с. 984485 (СССР). Многовалковая дробилка.- Оpubл. в Б.И., 1982, № 48. (в соавторстве с В.В.Смердовым, В.П.Вожковым, В.А.Балезиным).

17. А.с. 1031501 (СССР). Валок дробилки.- Оpubл. в Б.И., 1983, № 28. (в соавторстве с В.В.Смердовым, С.Н.Сотониным).

18. А.с. 1060227 (СССР). Устройство для подачи материалов в рубильную машину.- Оpubл. в Б.И., 1983, № 46. (в соавторстве с С.Н.Сотониным).

19. А.с. 1052255 (СССР). Устройство для измельчения.- Оpubл. в Б.И., 1983, № 41.

Сотонин Николай Яковлевич

ПРОЦЕСС ДРОБЛЕНИЯ СУЧЬЕВ ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКОЙ И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЕЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА

Подписано в печать 24.05.84. НС 12196. Формат 60x84 1/16.

Бумага писчая. Печ.л.1,0

Тираж 100 экз. Заказ 646. Бесплатно

Отпечатано на ротапринте УЛТИ им.Ленинского комсомола
г.Свердловск, Сибирский тракт, 37.