

634.98
М. - 33

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО, СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР
БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ
С. М. КИРОВА

А. П. МАТВЕЙКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
И РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА
РЕЖИМОВ ПРОДОЛЬНОЙ РАСПИЛОВКИ
ДРЕВЕСИНЫ НА КРУГЛОПИЛЬНЫХ
СТАНКАХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО
К УСЛОВИЯМ ЛЕСПРОМХОЗОВ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель —
доктор технических наук профессор
К. М. Ашкенази

БИБЛИОТЕКА БТИ
имени С. М. КИРОВА

Минск 1966

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО, СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР
БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ
С. М. КИРОВА

А. П. МАТВЕЙКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
И РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА
РЕЖИМОВ ПРОДОЛЬНОЙ РАСПИЛОВКИ
ДРЕВЕСИНЫ НА КРУГЛОПИЛЬНЫХ
СТАНКАХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО
К УСЛОВИЯМ ЛЕСПРОМХОЗОВ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель —
доктор технических наук профессор
К. М. Ашкенази

Минск 1966

до-868

Работа выполнена на кафедре механизации лесоразработок в Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии имени С. М. Кирова. Экспериментальная часть работы выполнена на кафедре механизации лесоразработок в Белорусском технологическом институте имени С. М. Кирова.

Защита состоится на заседании Ученого Совета Белорусского технологического института имени С. М. Кирова
15 "июня" 1966 года.

Ваши отзывы и замечания на автореферат в 2-х экземплярах просим направлять по адресу:
г. Минск, ул. Свердлова, 13. Ученому Секретарю Совета

Автореферат разослан 7 мес 1966 года.

Ученый Секретарь Совета БТИ

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выполняя грандиозную программу строительства коммунизма, принятую XXII съездом КПСС, работники лесной промышленности достигли больших успехов. По степени механизации лесозаготовок, а также объему вывозки древесины и производству пиломатериалов наша страна превзошла все капиталистические страны. Однако Советский Союз отстает еще от наиболее развитых капиталистических стран по уровню производительности труда и себестоимости продукции в лесной промышленности.

Сентябрьский Пленум ЦК КПСС (1965 г.) отметил, что основными причинами недостаточно высоких темпов развития и повышения эффективности промышленного производства являются медленное внедрение в производство достижений отечественной и зарубежной науки и техники, научной организации труда, нерациональное и неполное использование материальных ресурсов.

Действительно, все еще на нижних складах леспромхозов скапливается большое количество тонкомерной, низкосортной и дровяной древесины, которая не находит применения в народном хозяйстве страны в круглом виде и зачастую используется как топливо. Примерно аналогичное положение имеет место и на складах сырья лесопильных предприятий.

Одним из наиболее простых и доступных в условиях леспромхозов путей более рационального и полного использования древесины, как показал опыт Крестецкого комплексного ЛПХ, Лузского лесозавода и др. предприятий, является переработка тонкомерной низкосортной и дровяной древесины на различные пиломатериалы. При этом из тонкомерной древесины можно получить высококачественные спецификационные пиломатериалы в большом количестве. Кроме того, органи-

зация переработки круглого леса непосредственно в районах лесозаготовок позволит значительно сократить потребность в железнодорожных вагонах, а транспортировка пиломатериалов более экономична по сравнению с круглым лесом (стоимость перевозок по ж. дор. 1 м³/км круглого леса на 4,8% выше, чем пиломатериалов).

Опыт работы лесопильных цехов и предприятий в СССР и за рубежом показал, что достаточно простым и эффективным оборудованием для продольной распиловки тонкомерной, низкосортной и дровяной древесины на различные пиломатериалы являются однопильные и многопильные круглопильные станки. Применяя их для этой цели, можно получить продукцию высокого качества и достичь высокой производительности труда при небольших затратах материальных средств, так как на строительство цехов, оборудованных круглопильными станками, не потребуются большие капиталовложения. При этом возможна автоматизация производственного процесса.

Однако, несмотря на очевидную целесообразность применения круглопильных станков для продольной распиловки тонкомерной низкосортной и дровяной древесины на различные пиломатериалы, решению вопроса о конструкции круглопильных станков и расчетах оптимальных режимов пиления уделяется пока недостаточно внимания.

Между тем, достичь высокой производительности круглопильных станков на продольной распиловке древесины при наименьших энергозатратах и высоком качестве продукции можно лишь при правильном выборе режимов пиления. Но для этого надо знать факторы, определяющие режимы пиления, и характер их влияния на силовые и технологические параметры процесса резания древесины.

До настоящего времени оптимальные режимы пиления древесины круглыми пилами определялись в лучшем случае по инструктивным материалам ЦНИИМОД в виде таблиц и графиков, составленных по результатам исследований по круглым пилам. Но так как выполненные исследования в своем большинстве носят частный характер и не охватывают всех основных факторов, влияющих на режимы пиления круглыми пилами, то предлагаемые в инструкциях таблицы расчетов режимов пиления древесины пригодны только для этих частных случаев и совершенно неприемлемы к круглопильным станкам, применяемым для распиловки круглого леса. Объясняется это тем, что инструкции составлены по результатам исследований процесса пиления древесины на круглопильных станках, при-

меняемых в деревообработке для продольной распиловки пиломатериалов толщиной до 80 мм и влажностью 7—20%. В условиях леспромхозов и лесозаводов на круглопильных станках, как правило, производится распиловка древесины влажностью более 30% и толщиной более 80 мм. Следовательно, силовые и технологические параметры процесса резания будут другими, так как с увеличением гигроскопической влаги в древесине прочность ее снижается. Имеющиеся исследования Н. Якунина, Г. Нейланда, П. Бахарева применительно к этим условиям не позволяют разработать инструкции, по которым можно было бы устанавливать оптимальные режимы работы круглопильных станков для данных условий, так как они выполнены по разнородным методикам и не охватывают всех основных факторов, влияющих на режимы продольного пиления древесины.

Исходя из изложенного выше целью настоящих исследований являлись:

1. Установление экономической эффективности производства пилопродукции на круглопильных станках и выбор наиболее рациональных методов и совершенных технологических процессов механической переработки тонкомерной, низкосортной и дровяной древесины на различные пиломатериалы для условий леспромхозов.

2. Теоретические и экспериментальные исследования влияния основных факторов на силовые и технологические параметры процесса резания древесины.

3. Разработка аналитического способа расчета режимов продольной распиловки древесины на круглопильных станках и установление экономической эффективности применения технически обоснованных режимов пиления древесины.

Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и рекомендаций и приложений, изложенных на 222 страницах машинописного текста, и иллюстрирована 64 графиками, схемами и фотографиями.

Первая глава посвящена вопросу экономической эффективности круглопильных станков на продольной распиловке древесины в СССР и за рубежом и выбору рациональных методов и схем технологических процессов механической переработки тонкомерной, визкосортной и дровяной древесины на различную пилопродукцию.

Во второй главе дан критический обзор литературы по продольной распиловке древесины на круглопильных станках.

В третьей главе изложены теоретические исследования влияния основных факторов на силовые и технологические параметры процесса продольного пиления древесины.

Четвертая глава посвящена методике и технике экспериментальных исследований, а пятая глава содержит результаты экспериментальных исследований процесса продольной распиловки древесины круглыми пилами.

В шестой главе изложен способ расчета режимов продольной распиловки древесины на круглопильных станках, даны примеры расчета и анализа режимов пиления, а также экономическая эффективность применения технически обоснованных режимов продольной распиловки древесины. Причем формулы даны также в системе единиц С И.

В приложении приведены результаты статистической обработки экспериментальных данных.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ НА ПРОДОЛЬНОЙ РАСПИЛОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

В СССР распиловка бревен на пиломатериалы производится преимущественно на лесопильных рамах. Круглопильные станки в нашей стране применяются в основном лесозаготовительными и лесопильными предприятиями для распиловки низкосортной и дровяной древесины на тарную и прочую плиопroduкцию и для обрезки досок. Однако такие предприятия, как Архаенгльский ЛДК № 4, Лузский, Пермилковский и некоторые другие лесозаводы, длительное время успешно применяют круглопильные станки с многопильными поставками в лесопильных потоках на распиловке тонкомерных бревен и брусьев на пиломатериалы.

За рубежом круглопильные станки на распиловке бревен на пиломатериалы применяются в большем количестве, чем в нашей стране. Так, в Скандинавских странах, Канаде и США однопильные и многопильные круглопильные станки на большинстве лесозаводов являются основным оборудованием. Обусловлено это тем, что круглопильные станки просты по конструкции, производительны и могут применяться на распиловке бревен на сегменты и лафеты по строго индивидуальным программам раскроя, на распиловке бревен и брусьев на пиломатериалы за один проход и на выпилке из бревен брусьев с подгорбыльными досками. На создание лесопильных цехов на базе круглопильных станков не требуются большие капиталовложения. Качество пиломатериалов, выпиленных на

круглопильных станках, такое же, как при рамной распиловке, а чистота поверхности пропила выше.

Было установлено, что для распиловки тонкомера на пиломатериалы целесообразно применять многопильные круглопильные станки, так как их производительность в полтора-два раза превышает производительность лесопильных рам, а себестоимость 1 м³ пиломатериалов в среднем на 1 руб. 65 коп. ниже. Наряду с этим, в результате отбора тонкомерных бревен для круглопильных станков, значительно увеличится средний диаметр оставшегося пиловочника, что положительно скажется на производительности лесопильных рам.

Распиловку низкосортной и дровяной древесины на различные пиломатериалы выгоднее производить на однопильных круглопильных станках в сочетании с многопильными или другим оборудованием. Причем переработку такой древесины следует вести сегментно-тангентальным методом по опыту Крестецкого ЛПХ.

Тонкомерные бревна лучше всего распиливать на пиломатериалы по методу Лузского завода с предварительной их окоркой, что позволит горбыли, рейки и опилки использовать как сырье в целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Силы, действующие на зуб круглой пилы при пилении

При продольном пилении древесины круглыми пилами в результате взаимодействия резца с древесиной возникает целая система сил: сила резания P , сила подачи Q , сила отжима $P_{отж}$, сила затягивания P_c , радиальная сила R , сила S , нормальная к силе Q (рис. 1). При этом сила резания P состоит из двух сил: силы P_n , действующей по передней грани зуба, и силы $P_з$, действующей по задней грани зуба, т. е.

$$P = P_n + P_з. \quad (1)$$

Сила P_n представляет собой сумму постоянных касательных давлений $k \frac{кг}{мм^2}$, действующих по всей толщине стружки e . Следовательно, $P_n = f(e)$.

Сила $P_з$ представляет собой силу, возникающую в результате трения задней грани резца о древесину и смятия

древесины в поверхностном слое обработки ниже линии раздела. Она не зависит от толщины стружки e , т. к. за-
глубление реза в древесину для каждого конкретного слу-
чая является величиной постоянной.

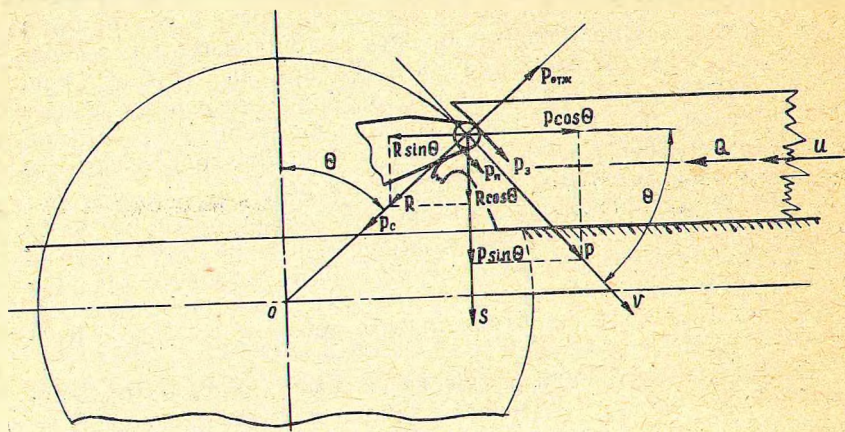


Рис. 1. Силы, действующие на зуб круглой пилы при продоль-
пилении древесины.

Сила P_c действует по передней грани реза на стружку и является знакопеременной, а сила $P_{отж}$ действует по зад-
ней грани реза в направлении на обрабатываемую поверх-
ность и не является знакопеременной.

Сила R представляет собой алгебраическую сумму сил P_c и $P_{отж}$ и действует в направлении по радиусу пильного диска к его центру, когда $P_c > P_{отж}$, или от центра, когда $P_{отж} > P_c$, т. е. она является знакопеременной силой. Следова-
тельно

$$R = P_{отж} - P_c \quad (2)$$

Проф. А. Л. Бершадский установил, что

$$P_{отж} = \frac{P_з}{f}; \quad \text{а} \quad P_c = P_n \operatorname{tg}(90^\circ - \delta - \varphi).$$

Тогда

$$R = \frac{P_з}{f} - P_n \operatorname{tg}(90^\circ - \delta - \varphi), \quad (2a)$$

где f — приведенный коэффициент трения; δ — угол резания в градусах; φ — угол трения в градусах.

Сила подачи Q является составляющей сил P и R и равна:

$$Q = P \cos \Theta + R \sin \Theta. \quad (3)$$

Сила S перпендикулярна по направлению силе Q и будет производить прижим распиливаемого материала к столу или же отталкивание. Она тоже является составляющей сил P и R и будет равна:

$$S = P \sin \Theta - R \cos \Theta. \quad (4)$$

2. Факторы, влияющие на процесс резания.

Процесс резания древесины является сложным процессом. Анализ исследовательских работ по круглопильным станкам показал, что на процесс продольного пиления древесины круглыми пилами влияет большое количество факторов, обусловленных станком, режущим инструментом, распиливаемым материалом, а также взаимодействием между двумя последними. Однако далеко не все факторы оказывают существенное влияние на процесс резания. К основным факторам, по нашему мнению, относятся толщина стружки e высота пропила h , скорость резания v , угол встречи Ψ и Θ , радиус затупления ρ режущего инструмента, угловые параметры зубьев δ и α , объемный вес древесины γ , влажность древесины W и количество пил на пильном валу. Было установлено, что сила резания и ее составляющие представляют собой функцию многих переменных, т. е. $P = f(e, h, v, \Psi, \delta \text{ и др.})$, $P_n = f(e, h, v, \Psi, \delta, \text{ и др.})$, а $P_s = f(\rho, \Psi, v, \gamma \text{ и др.})$ и с увеличением $e, h, v, \Psi, \Theta, \rho, \gamma$ и количества пил на пильном валу возрастают, а следовательно, возрастут и энергетические параметры процесса резания. Причем при пилении хвойных пород силовые и энергетические параметры будут возрастать прямо пропорционально количеству пил на пильном валу, так как физико-механические свойства заболони и ядра этих пород в возрасте спелости примерно одинаковы. Влияние радиуса затупления следует относить только к режущей кромке, т. е. к силе P_s . На величину P_n радиус затупления не влияет.

С увеличением влажности древесины силовые параметры процесса резания будут уменьшаться и станут минимальными при влажности 30% и более. Обусловлено это тем, что на прочность древесины влияет только количество связанной влаги.

Оптимальными углами δ и α являются угол δ , равный 55° , и угол α , равный 15° .

На чистоту поверхности пропила существенное влияние будут оказывать толщина стружки e , радиус затупления ρ и угол встречи Θ ¹⁾. При увеличении e , ρ и Θ чистота поверхности пропила ухудшится.

3. Выбор и обоснование формулы удельной силы резания.

Резание древесины — процесс физический. При внедрении реза в древесину происходит сжатие и трение древесины о резец по обе стороны от линии раздела. Причем при продольном пилении сжатие происходит в полужамкнутом пространстве, уплотнение стружки не превышает 45% и стружкообразование протекает при постоянном давлении. Обусловлено это тем, что уплотнение древесины происходит за счет сжатия клеток и сокращения межклеточных областей. Однако уменьшение объема древесины без роста напряжений, как показали опыты Е. Ивановского и др., наблюдается при относительной деформации до 60%. Когда же эта деформация достигнет 60% и более, древесина настолько уплотнится, что приобретает свойства, близкие к свойствам древесного вещества. И дальнейшее, даже незначительное уменьшение объема такой древесины требует больших давлений.

Однако, хотя стружкообразование при продольном пилении древесины круглыми пилами протекает при постоянном давлении, зависимость между удельной силой резания²⁾ и толщиной стружки в общем случае не является прямолинейной. Это подтверждается опытными данными Ф. Масленкова по продольному пилению древесины круглыми пилами (рис. 2), а также исследованиями В. Чуприна, который, уточняя закон изменения силы резания в зоне микростружек, показал, что она изменяется не по прямой, а по параболе.

Как видно из графика на рис. 2, зависимость между p и e выражается кривой, близкой по форме к параболе n -ой степени. Причем эта кривая не будет выходить из начала координат. Тогда зависимость между p и e в общем виде будет следующей:

$$p = a + be^n \quad (5)$$

¹⁾ При продольном пилении древесины круглыми пилами $\Psi = \Theta$.

²⁾ Удельная сила резания представляет собой силу резания, приходящуюся на 1 мм режущей кромки зуба, и измеряется в кг/мм. Она равна $p = Ke$.

где a — удельная сила резания по задней грани зуба;
 be^n — удельная сила резания по передней грани зуба.

По данным опытов Ф. Масленкова имеем:

$$a=0,134 \text{ кг/мм}; b=2,901 \text{ кг/мм}^2 \text{ и } p=0,134+2,901 e^{0,608} \quad (5a)$$

Установив, какие факторы и как влияют на значения коэффициентов a и b , получим формулу удельной силы резания

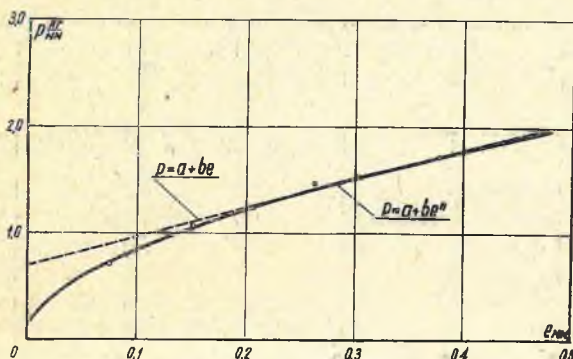


Рис. 2. Зависимость между удельной силой резания p и толщиной стружки e по опытам Ф. Масленкова.

в развернутом виде, что очень важно. А если известна удельная сила резания, легко определить значения силы резания и удельной работы резания и затем по другим формулам рассчитать все силовые и энергетические параметры процесса резания. Для решения этого вопроса необходимы экспериментальные исследования комплексного влияния основных факторов на процесс резания.

Из графика на рис. 2 также видно, что зависимость между p и e в частном случае может быть упрощена. Действительно, в условиях производства при продольной распиловке древесины на круглопильных станках толщина стружки, как правило, больше 0,2 мм. А при $e \geq 0,2$ мм зависимость между p и e близка к прямолинейной. Следовательно, можно без существенных погрешностей кривую на этом участке аппроксимировать прямой линией. Тогда формула удельной силы резания будет представлять уравнение прямой линии вида

$$p = a + be \quad (6).$$

Все расчеты режимов пиления в этом случае упростятся и будут легко выполнимы непосредственно в производствен-

ных условиях, что очень важно. Так, произведя аппроксимацию кривой на рис. 2 на участке, где $e \geq 0,2$ мм получим:

$$p = 0,70 + 2,722 e. \quad (6a)$$

Точность формул 5а и 6а практически одинаковая. Однако по формуле 6а не представляется возможным получить действительные значения сил p_n и p_z . Чтобы их определить, необходимо знать соотношение между действительным значением силы $p_{зд}$ и фиктивным p_z . По данным опытов Ф. Масленкова $p_{зд}$ меньше p_z в 5,2 раза, т. е. $p_{з-д} \approx 0,2 p_z$.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальное изучение комплексного влияния основных факторов на режим работы круглопильных станков на продольной распиловке древесины было проведено на специальной установке, изготовленной на базе круглопильного станка ЦДТ-5. Установка позволяла воспроизводить промышленные условия работы и в широком диапазоне изменять изучаемые факторы. На установке можно было распиливать брусья толщиной до 250 мм и длиной до 2 м пилами диаметром до 900 мм при скоростях резания 20—80 м/сек, подачах на зуб 0,15—1,50 мм, скоростях подачи 8,5—46,0 м/мин и кинематических углах встречи 35—70°.

В качестве измерительной аппаратуры был принят осциллограф ОТ-24-51, при помощи которого во всех опытах одновременно измерялись крутящий момент на пильном валу, усилие подачи, число оборотов пильного вала, время пиления и амплитуда колебаний пильного диска и записывались на одну осциллограмму.

Чистота поверхности пропила определялась контактным методом при помощи индикатора часового типа. Ширина пропила измерялась клиновидным щупом с углом заострения клина 2°. В основных опытах применялись пилы диаметром 800 мм, толщиной 2,8 мм, а в контрольных — диаметром 500, 600 и 700 мм, материал пил — сталь 85ХФ. Угловые параметры зубьев пил соответствовали ГОСТ 980-63. Зубья пил разведенные, величина развода на одну сторону 0,8 мм. Подготовка пил к работе велась общепринятыми методами. Пилы затачивались после того, как зубья (каждый из них) пройдут путь в древесине, равный 500 пог. м. После заточки удалялись заусенцы и делалась боковая динамическая фуговка зубьев.

В качестве опытного материала применялись сырые сосновые бревна диаметром 14—30 см и длиной 2 м. Для получения однородного опытного материала бревна были заготовлены на небольшом участке леса и выпилены из нижней части стволов на расстоянии примерно $1/5$ — $1/6$ высоты от комля.

Отобранные для опытов бревна имели следующие физико-механические свойства: объемный вес $0,50 \text{ г/см}^3 \pm 5\%$, статическую торцовую твердость $250 \text{ кг/см}^2 \pm 5\%$, число (среднее) годичных слоев в 1 см — 7 и влажность $60\% \pm 10\%$.

Экспериментальная установка перед началом опытов на очередном режиме работы тарировалась в динамике.

Опыты проводились частями по группам. Всего было пять групп опытов, в т. ч. четыре основных. Число наблюдений в опыте — 12.

Для правильного понимания изучаемых явлений данные экспериментальных исследований обрабатывались методами математической статистики.

Обобщение результатов исследований графоаналитическое, базирующееся на формулах (5) и (6).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Влияние e , h , Θ и v на силовые параметры и удельную работу резания

Характер и степень влияния толщины стружки e , высоты пропила h и кинематического угла встречи Θ при скорости резания $26,2 \text{ м/сек}$. изображены графически на рис. 3. Как видно из графиков, при $e \geq 0,2 \text{ мм}$ зависимость между p и e практически линейная и выражается в общем виде уравнением (6), а именно: $p = a + be$.

Определив численные значения коэффициентов a и b , получим, когда $v = 26,2 \text{ м/сек}$:

при $\Theta = 46^\circ$

для $h = 80 \text{ мм}$	$p = 0,685 + 2,524e$
для $h = 120 \text{ мм}$	$p = 0,682 + 2,951e$
для $h = 160 \text{ мм}$	$p = 0,671 + 3,379e$
для $h = 200 \text{ мм}$	$p = 0,686 + 3,756e$

при $\Theta = 52^\circ$

$p = 0,744 + 2,417e$
$p = 0,727 + 2,801e$
$p = 0,724 + 3,257e$
$p = 0,753 + 3,635e$

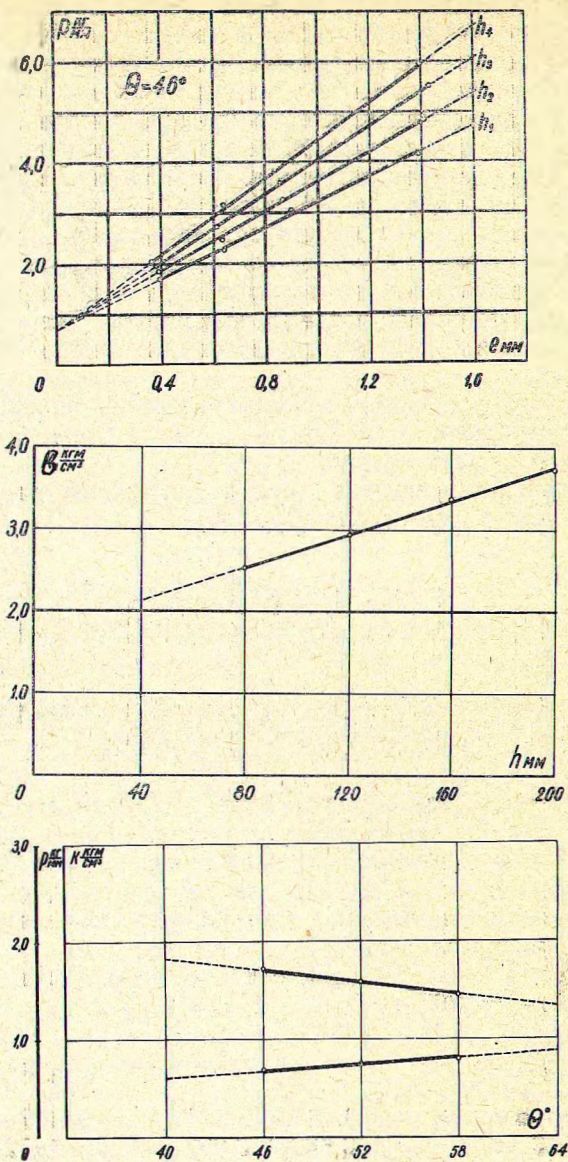


Рис. 3. Зависимость между удельной силой резания p и толщиной стружки e , высотой пропила h и углом встречи θ при скорости резания 26,2 м/сек.

при $\Theta = 58^\circ$

для $h = 80$ мм	$p = 0,807 + 2,310e$
для $h = 120$ мм	$p = 0,832 + 2,726e$
для $h = 160$ мм	$p = 0,798 + 3,158e$
для $h = 200$ мм	$p = 0,778 + 3,575e$

Из этих уравнений видно, что сила p является сложной силой, состоящей из двух сил. Так, сила a представляет собой часть удельной силы резания, действующей по задней грани зуба, а сила be — часть удельной силы резания, действующей по передней грани зуба, т. е. $p = p_3 + p_n$. Причем эти составляющие удельной силы резания действуют на зуб независимо друг от друга. Таким образом, нами экспериментально подтверждено положение проф. М. А. Дешевого о независимости действия сил по обе стороны от линии раздела древесины. Опыты также показали, что сила p_3 практически не зависит от высоты пропила и толщины стружки при $\Theta = \text{const}$ и возрастает с увеличением Θ . Сила p_n — величина переменная, зависящая от e , h и Θ и возрастает по мере увеличения e , h и Θ .

Зависимость между p и e , h и Θ в расчлененном виде при скорости резания 26,2 м/сек выражается следующим уравнением: $p = 0,210 + 0,0102 \Theta + (2,661 - 0,0207 \Theta + 0,0104 h) e$.

Аналогичная зависимость между силовыми параметрами и исследуемыми факторами получена нами и при других скоростях резания, а именно:

при $v = 40,3$ м/сек

$$p = 0,199 + 0,0105 \Theta + (2,947 - 0,0205 \Theta + 0,0103 h) e$$

при $v = 54,9$ м/сек

$$p = 0,235 + 0,0097 \Theta + (3,350 - 0,0225 \Theta + 0,0103 h) e$$

при $v = 69,2$ м/сек

$$p = 0,255 + 0,0099 \Theta + (3,612 - 0,0227 \Theta + 0,0103 h) e$$

В общем виде

$$p = a_1 + a_2 \Theta + (b_1 - b_2 \Theta + c_1 h) e \quad (7)$$

Из уравнений видно, что с увеличением скорости резания силовые параметры увеличиваются. При этом рост удельной силы резания происходит только за счет силы p_n . Характер и интенсивность роста p с увеличением v графически изображены на рис. 4.

Как видно из вышеприведенных уравнений, значения величин a_1 , a_2 , b_2 и c_1 при постоянных значениях h и Θ практически неизменны и не зависят от скорости резания. Определив средние значения a_1 , a_2 , b_2 и c_1 , приняв $c_1 = \frac{\alpha}{b}$ и уста-

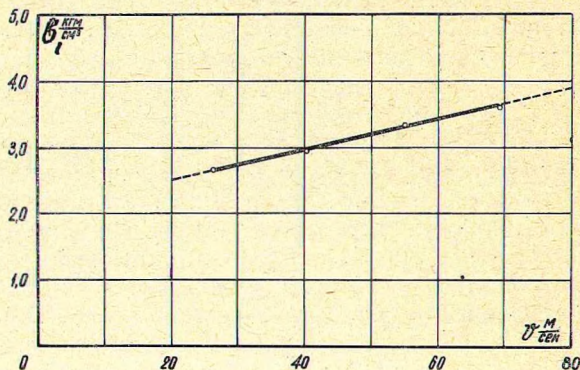


Рис. 4. Зависимость между удельной силой резания и скоростью резания.

новив зависимость b_1 от v , имеем следующее уравнение удельной силы резания в расчлененном виде:

$$p = 0,2183 + 0,0101\Theta + \left(2,044 + 0,023v - 0,0216\Theta + \frac{\alpha h}{b} \right) e. \quad (8)$$

Разделив удельную силу резания p на толщину стружки e , получим среднее давление резания в кг/мм^2 , численно равное удельной работе резания $\frac{\text{кгМ}}{\text{см}^3}$, для $e > 0,1$ мм. Тогда с учетом затупления зубьев имеем:

$$K = \frac{(0,2183 + 0,0101\Theta)a_p}{e} + 2,044 + 0,023v - 0,0216\Theta + \frac{\alpha h}{b}. \quad (9)$$

В общем виде

$$K = k + k_{\text{тр}} + \frac{p_3 a_p}{e}$$

Сила резания равна:

$$P = \left[2,044 + 0,023 v - 0,0216\Theta + \frac{a h}{b} + \frac{(0,2183 + 0,0101\Theta) a_p}{e} \right] \frac{b h c}{t} \quad (10)$$

В этих уравнениях v — скорость резания, $m/\text{сек}$; Θ — средний кинематический угол встречи, град; a — коэффициент интенсивности трения стружки о стенки пропила, равный, по данным наших опытов, для разведенных зубьев 0,051; b — ширина пропила, mm ; h — высота пропила, mm ; e — толщина стружки, mm ; a_p — коэффициент затупления.

Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что между p и e , h , Θ и v существует тесная связь, так как множественный коэффициент корреляции равен 0,87, а его достоверность высокая ($r/m_r=43,5$). Точность вышеприведенных формул достаточно высокая, так как у 8,1% всех опытов расчетные значения K совпадают с опытными, у 87,6% расхождения между опытными значениями и расчетными до 5% и только у 4,3% — от 5,1 до 10%; $\sigma = \pm 0,32$; $m = \pm 0,024$; $p_{\text{max}} = 1,57\%$.

2. Влияние диаметра пил и количества пил в поставе на силовые параметры и удельную работу резания.

Экспериментальные исследования показали, что диаметр пил в пределах 500—800 mm не оказывает влияния на силовые параметры и удельную работу резания при продольном пилении древесины, если кинематический угол встречи и толщина стружки при этом остаются неизменными.

Аналогичный вывод получен и Н. И. Давыдовой в своих исследованиях о характере влияния диаметра пил в пределах 400—550 mm на силовые параметры при продольной распиловке древесины.

Таким образом, можно считать установленным, что при одних и тех же кинематических углах встречи и толщине стружки диаметр пил не влияет на силовые параметры при продольном пилении древесины.

Количество пил на пильном валу (число пил в поставе) влияет прямо пропорционально на силовые параметры.

3. Чистота поверхности пропила.

Чистота поверхности пропила находится в прямой зависимости от подачи на зуб, а следовательно, и толщины стружки. При подачах на зуб 0,2—1,2 мм неровности представляют собой в основном риски и вырывы. При этом чистота поверхности пиломатериалов находится в пределах классов чистоты $\nabla\delta 5$ — $\nabla\delta 2$ (табл. 1).

Таблица 1

Подача на зуб в мм (зубья разведенные)	Угол встречи $\theta_{ср}$ в градусах				
	40	46	52	58	64
	Классы чистоты $\nabla\delta$				
0,20—0,45	5	5	5	4	4
0,45—0,70	5	4	4	4	4
0,70—0,95	4	4	3	3	3
0,95—1,20	3	3	3	2	2

Однако наихудшая чистота поверхности по высоте пропила оказалась не в месте выхода зубьев пилы из пропила, где толщина стружки наибольшая, а по середине высоты пропила. Причем доминирующими неровностями по середине высоты пропила являются вырывы, а не риски. Обусловлено это тем, что при продольной распиловке бревен и брусьев, заготовленных из бревен, на пиломатериалы траектория зуба по середине высоты пропила является касательной к годичным слоям. В результате создаются благоприятные условия для образования вырывов за счет отрыва целых пучков волокон ранней части годичного слоя по поверхности наименее прочной связи с поздним слоем.

На чистоту поверхности пиломатериалов влияет также качество подготовки пильных дисков к работе. Даже незначительные отклонения в величине развода зубьев пилы ухудшают чистоту поверхности за счет увеличения глубины рисков. Высота пропила и скорость резания практически не влияют на чистоту поверхности пиломатериалов, так как класс чистоты поверхности остается постоянным при изменении высоты

пропила и скорости резания, если толщина стружки при этом не изменилась.

Прямой и тесной связи между колебаниями пильного диска в процессе пиления и чистотой поверхности пропила не установлено.

4. Колебания пильных дисков.

Колебания пильных дисков при правильной их подготовке к работе незначительны (амплитуда колебаний менее 1 мм) и при пилении на 20—30% меньше, чем при вращении пильного диска вхолостую. Обусловлено это тем, что в процессе пиления происходит гашение колебаний стенками пропила. Однако тесная связь между амплитудой колебаний и высотой пропила не установлена.

Скорость резания существенно влияет на колебания пильного диска. Причем по мере роста скорости резания амплитуда колебаний уменьшается.

Статистическая обработка результатов измерений показала, что между скоростью резания и колебаниями пильного диска имеется тесная и достоверная связь.

Увеличение кинематического угла встречи и толщины стружки при прочих постоянных факторах вызывает некоторое увеличение амплитуды колебаний пильного диска. Однако тесная зависимость между ними не установлена.

5. Расчет и анализ режимов продольной распиловки древесины на круглопильных станках.

Базируясь на формуле (9) и других результатах исследований, нами разработан простой и доступный широкому кругу работников лесной промышленности способ расчета режимов продольной распиловки древесины на круглопильных станках. Порядок определения силовых, энергетических и технологических параметров процесса продольного пиления древесины на круглопильных станках заключается в следующем.

Прежде всего необходимо для данных конкретных условий вычислить удельную работу резания K по формуле (9). Для чего сначала определяем угол встречи Θ и коэффициент затупления a_p пользуясь соответственно номограммой и формулой

проф. А. Л. Бершадского*). Затем определяем подачу на зуб по формуле:

$$c = \frac{1000 U}{zn}, \quad (11)$$

где U — скорость подачи, м/мин; z — число зубьев пилы; n — число оборотов в минуту.

Полезная мощность N_p , расходуемая на резание, будет равна:

$$N_p = \frac{KbhU}{102 \cdot 60}. \quad (12)$$

Силу резания находим по формуле (10) или же по формуле

$$P = \frac{102 N_p}{V}. \quad (13)$$

Чтобы определить усилие подачи Q и силу S , нормальную к вектору скорости подачи, необходимо сначала вычислить составляющие силы резания P_3 и P_n и определить радиальную силу R по формуле (2а).

Согласно общему закону резания древесины сила P_3 , действующая по задней грани реза, равна

$$P_3 = \frac{(a_p - 0,8) p_3}{Ke} P_n, \quad (14)$$

где p_3 — фиктивная сила, действующая по задней грани зуба. По данным наших исследований $p_3 = 0,2183 + 0,0101 \Theta \frac{\kappa\Gamma}{\text{мм}}$.

Зная P и P_3 , определяем по формуле (1) силу P_n , действующую по передней грани реза.

Примерные значения коэффициента f , необходимые для вычисления силы R , по данным проф. А. Л. Бершадского в зависимости от a_p приведены в таблице 2.

*) И. А. Л. Бершадский. «Справочник по расчету режимов резания древесины» Гослесбумиздат, 1962, стр. 37.

2. Журнал «Лесная промышленность» 1964, № 12, стр. 12.

Таблица 2

a_p	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
f	2,0	1,5	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,75	0,7

Зная R , по формулам (3) и (4) впределаем силы Q и S .
Полезная мощность N_n , расходуемая на подачу, равна

$$N_n = \frac{QU}{10260} \quad (15)$$

Если известна мощность N_p , то можно из формулы (12) определить скорость подачи U , подставив развернутое значение K из формулы (9).

Чистота поверхности провила зависит от подачи на зуб c и угла встречи Θ и легко определима для данных конкретных условий исходя из значений c и Θ по таблице 1.

Таким образом, применяя предлагаемый способ расчета режимов продольного пиления древесины, в основу которого положена формула удельной работы резания (9), можно достаточно точно и быстро по другим общеизвестным формулам рассчитать все силовые и энергетические параметры кругопильных станков, а также их производительность, что позволит создавать более совершенные конструкции таких станков. Кроме того, этот способ расчета режимов пиления позволяет в производственных условиях быстро, правильно и широко анализировать влияние основных факторов на режимы продольного пиления древесины круглыми пилами и находить условия их интенсификации, что позволит повысить производительность действующего оборудования без снижения качества продукции.

Формула (9) удельной работы резания действительна для $e > 0,1$ мм и круглых пил с разведенными и плющеными зубьями при значениях $c = 0,18 - 1,2$ мм; $h = 80 - 200$ мм; $v = 25 - 70$ м/сек; $\Theta = 40 - 64^\circ$; $\delta = 55^\circ$ и $W > 30\%$ при распиловке древесины хвойных пород.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Продольное пиление древесины круглыми пилами является сложным процессом резания, на который оказывает влияние большое количество факторов, обусловленных станком, ре-

жущим инструментом и распиливаемым материалом, а также взаимодействием между двумя последними.

2. В условиях производства при выборе оптимальных режимов продольного пиления древесины влажностью более 30% на круглопильных станках необходимо учитывать влияние толщины стружки, высоты пропила, скорости резания, затупляемости режущего инструмента, угла встречи ψ и угла резания δ .

3. Наиболее благоприятные условия продольного пиления древесины на круглопильных станках с точки зрения качества продукции создаются при минимальном кинематическом угле встречи для данных конкретных условий.

4. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что сила резания является сложной силой, состоящей из двух сил:

- а) силы резания P_z , действующей по задней грани зуба;
- б) силы резания P_n , действующей по передней грани зуба.

Причем составляющие силы резания действуют на резец независимо друг от друга и каждая из них зависит от большого количества факторов и является функцией многих переменных. Таким образом, нами экспериментально подтверждено положение проф. М. А. Дешевого о независимости действия сил по обе стороны от линии раздела древесины.

5. Установлена взаимосвязь между силой резания P и ее составляющими; силой подачи Q , радиальной силой R и силой S , нормальной к силе подачи Q , а также между удельной работой резания и основными факторами, влияющими на ее величину.

В формулах силы резания, удельной работы резания и подачи на зуб обобщено большое количество факторов (около 20) и представляется возможным решить почти все вопросы, касающиеся продольного пиления древесины круглыми пилами и возникающие на производстве и при научных исследованиях.

6. Организация производства пиломатериалов из тонкомерного пиловочника в цехах, оборудованных круглопильными станками и расположенных на нижних складах леспромхозов, позволит сократить нерациональные перевозки круглого леса и получить экономию в размере 4,8% на каждый $1 \text{ м}^3/\text{км}$ перевозок пиломатериалов по железной дороге. Причем себестоимость 1 м^3 пиломатериалов, выпиленных на многопильных круглопильных станках, будет в среднем на 1 руб. 65 коп.

ниже себестоимости 1 м^3 пиломатериалов, выпиленных из тонкомерного пиловочника на лесопильных рамах.

Наряду с этим в результате отбора тонкомерных бревен для круглопильных станков резко возрастает средний диаметр оставшегося пиловочника, что положительно скажется на производительности лесопильных рам.

7. Режимы продольной распиловки древесины на круглопильных станках в каждом конкретном случае должны быть оптимальными и технически обоснованными, что позволит повысить производительность труда и снизить себестоимость продукции. Так, применение технических обоснованных режимов продольной распиловки тонкомерных бревен на многопильных круглопильных станках позволит увеличить их производительность в среднем на 20% и снизить себестоимость 1 м^3 пиломатериалов на 35—40 коп., или на 1,7%. В масштабах народного хозяйства страны это даст большой экономический эффект.

Оптимальные режимы работы круглопильных станков для конкретных производственных условий легко определить пользуясь разработанным нами способом расчета режимов пиления.

Основное содержание диссертации опубликовано автором в следующих статьях:

1. «Перспективы развития лесопиления на круглопильных станках». Сборник научных работ БТИ «Вопросы механизации лесозаготовок и транспорта леса», Минск, 1964.

2. «Режимы продольной распиловки древесины на круглопильных станках». Журнал «Лесная промышленность», № 8, 1965.

3. «Исследование силовых параметров процесса резания древесины круглыми пилами». Труды ЦНИИМЭ, 65. «Вопросы окорки и резания древесины». Химки, 1965.

Материалы диссертации изложены в докладах:

1. На научно-технической конференции Белорусского технологического института имени С. М. Кирова по итогам научно-исследовательских работ за 1963 год. Минск, 1964.

2. На научно-технической конференции Белорусского технологического института имени С. М. Кирова по обмену передовым опытом в лесной промышленности. Минск, 1965.

АТ 06736. Подписано к печати 28/IV-1966 г. Формат 60×84¹/₁₆. Тир. 200 экз.
Зак. 407. Типография научно-технической литературы. г. Минск, Ленинский
проспект, 68.