

674
ПЗД

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

Белорусский технологический институт им. С. М. Кирова

674.093.6(433)

На правах рукописи

Пекло М.И.

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ
ЧИСТОВОЙ РАСПИЛОВКИ ДРЕВЕСИНЫ
ДИСКОВЫМИ ПИЛАМИ**

*Автореферат
диссертации
М.И.Пекло на
соискание ученой
степени кандидата
технических наук*

МИНСК - 1968

674
П24

Министерство высшего и среднего специального
образования БССР

Белорусский технологический институт
им. С. М. Кирова

на правах рукописи
ПЕКЛО И. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЧИСТОВОЙ РАСПИЛОВКИ
ДРЕВЕСИНЫ ДИСКОВЫМИ ПИЛАМИ

(Специальность 421. Машины, оборудование
и технологии лесопильных и деревообра-
батывающих производств)

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

БИБЛИОТЕКА БТИ
ИМЕНИ С. М. КИРОВА

Минск
1966

2811 ар.

Экспериментальные исследования, проведенные Московским и Лесотехническим институтом, ЦНИИМОД'ом и Ленинградской Лесотехнической академией, позволили упростить профилировку зубьев и рекомендовать параметры строгальных пил для промышленности и народного производства. На основе этих данных были разработаны временные технические условия на строгальные пилы, а затем нормаль МН 134-63. С 1954 г. строгальные пилы стал выпускать Горьковский металлургический завод.

Несмотря на целесообразность использования строгальных пил, большинство деревообрабатывающих предприятий как в Советском Союзе, так и за рубежом не применяют их. Это объясняется не только дефицитностью и повышенной стоимостью строгальных пил, но главным образом неудовлетворительной их работой.

В некоторых случаях строгальные пилы работают вполне удовлетворительно, но после нескольких переточек начинают при пилении чрезмерно нагреваться, что ведет к подгоранию поверхности распила и криволинейному пропилу. В других случаях строгальные пилы уже в самом начале их применения дают подгорание одной, а иногда обеих поверхностей распила. Чрезмерный нагрев строгальных пил вызывает коробление, появление выжуги и искривлений отдельных участков дисков. Поскольку обычные приемы проверки и устранения указанных дефектов не дают желаемого результата, те пилы, даже новые, часто становятся непригодны к эксплуатации.

Причины указанных явлений до сих пор не вскрыты с необходимой полнотой, а имеющиеся рекомендации по устранению дефектов не обеспечивают надежную работу строгальных пил. По основным конструктивным параметрам этих пил — толщине и углу поднутрения дисков имеются довольно разноречивые рекомендации.

Целью настоящей работы являлось:

- а) Качественная и количественная оценка влияния основных, сопутствующих процессу пиления, факторов на динамическую устойчивость строгальных пил;
- б) уточнение конструктивных параметров дисковых пил, предназначенных для чистовой распиловки;
- в) определение условий, обеспечивающих повышение устойчивости и надежности работы указанных пил.

В работе использованы методы теоретических и экспериментальных исследований.

Составление методики и экспериментальные исследования выполнены в лаборатории станков и инструментов ЦНИИМОД"а под руководством профессора Ф.М. Мангоса.

Производственные испытания пилы проводили на Майкопском Комбинате "Лесомебель", Киевской фабрике им. Боженко, экспериментальных мастерских УКРНИИМОД"а, ДОК"е 350 СУ СКВО, Сортавельском мебельно-лыжном комбинате, Львовской лыжной фабрике "Динамо" и Владимирском комбинате "Стройдеталь".

Работа по теме была начата в ЦНИИМОД"е продолжена в институте "Моспроектстройиндустрия" Главмоспромстройматериалов (отчет по теме НИР"а: "Внедрение распиловки древесины чисторезущими пилами с разработкой инструкции") и окончена в Госстрое СССР.

Содержание работы

Работа состоит из восьми глав, изложенных на 214 страницах машинописного текста, иллюстрирована 77 рисунками и включает 27 таблиц.

В первой главе приведен аналитический обзор работ о дисковых пилах для чистовой распиловки древесины.

Во второй главе выполнен анализ влияния основных факторов на устойчивость строгальных пил.

В третьей главе изложены основные методические положения экспериментальных исследований.

В четвертой и пятой главах приведены обоснование и описание выбранных методов измерений, измерительной аппаратуры и экспериментальных установок.

Шестая глава посвящена расчету упругих напряжений во вращающихся дисках.

В седьмой главе изложены результаты экспериментальных исследований по изучению колебаний строгальных пил с различными конструктивными параметрами и влиянию колебаний на устойчивость пильных дисков.

В восьмой главе описаны экспериментальные исследования по выявлению основных факторов, обеспечивающих нормальную работоспособность строгальных пил.

Работа заканчивается общими выводами и рекомендациями.

В приложении В I приведены технические условия и параметры нового типа дисковых пил для чистовой распиловки и инструкция по их эксплуатации.

В приложении В 2 даны акты производственных испытаний и дисковых пил без неоднородности боковых плоскостей, предназначенных для чистовой распиловки.

Основные методические положения проведения экспериментальных исследований

Пиление дисковыми пилами представляет собой сложный процесс, в котором одновременно взаимодействуют факторы, относящиеся к древесине, инструменту и условиям его работы. Значение многих факторов меняется во времени чрезвычайно быстро. Поэтому для выявления изучаемых закономерностей было выделено строго определенное количество переменных факторов. Остальные факторы в пределах проведения каждой группы опытов оставались постоянными.

При оценке результатов опытов оптимальными считали те значения изучаемых факторов, при которых обеспечивалось удовлетворительное качество пиления (поверхность распила плоская, чистота не ниже 7 класса по ГОСТ 7016-54, отпиливаемые образцы имеют постоянное сечение, и на поверхностях отсутствуют микротрещины, вырвы и подгорания) при высокой производительности и отсутствии резкого увеличения силовых параметров резания.

Опыты проводили на древесине сосны влажностью 10-12%, дуба и бука влажностью 8-10%. Опытные образцы имели форму бруска с длиной 1200 мм, шириной 100 мм, толщиной 20, 40, 60 и 80 мм. Необходимое количество пиломатериалов из одинаковых качественных зон бревен было получено путем раскря последних на лесопильной раме специальным составом.

Для уменьшения внутренних напряжений пиломатериалы в процессе камерной сушки подвергали конечной термолагодобработке.

Согласно предварительным расчетам, при проведении одного опыта выполняли 10 наблюдений, что обеспечивало точность полученных результатов в пределах 5%. Для каждого опыта брали 10 образцов из различных зон бревен и на каждом из них делали один рез. Это позволяло уменьшить влияние изменчивости физико-механических свойств древесины.

В соответствии с поставленными задачами были составлены методические сетки проведения экспериментальных исследований.

Для опытов было изготовлено на Герьковском металлургическом заводе две партии пил. Первая партия состояла из пил ϕ 200, 250, 300, 350 и 400 мм по 6 шт. каждого диаметра с одними и теми же

конструктивными параметрами. Вторая партия из 16 шт., из которых 15 шт. \varnothing 350 мм различной толщины, величина и формы подлутрениия боковых плоскостей и одна пила \varnothing 400 (малоконическая). Все пилы изготовлялись по одним и тем же техническим условиям.

Измерение колебаний вращающихся пил проводили с помощью дифференциального индуктивного датчика с регулируемым воздушным зазором между пилой и чувствительным элементом и вспомогательной аппаратурой.

Измерение температуры нагрева работающих пил выполняли бесконтактным методом с помощью двух датчиков с термисторами и ТЭС. Толщину выливаемых образцов измеряли микрометром. Чистоту поверхности определяли оптическим методом измерения высоты неровностей с помощью профилеметра ТСП-2.

Испытание пил без нагрузки (для выявления влияния центробежных сил инерции на колебания и устойчивость пил) проводили на установке, позволяющей плавно изменять число оборотов от 1000 до 1300 об/мин.

Опыты по выявлению влияния скорости резания, подачи на зуб, угла встречи, осевого биения, направления подачи, высоты пропила, основных конструктивных параметров и затупления зубьев пил на силовые параметры резания и качество распила проводили на специальной установке, позволяющей бесступенчато изменять скорость подачи от 6 до 36 м/мин.

В качестве вспомогательной установки при проведении опытов по определению температурного перепада в дисках строгальных пил и затупления зубьев, был использован круглопильный станок фирмы "Wadkin", оборудованный подающим аппаратом фирмы "Frammia".

Основные результаты

В соответствии с задачами исследования было изучено влияние следующих факторов на устойчивость пильных дисков, силовые параметры резания и качество распила.

Факторы, сопутствующие процессу пиления

1. Напряжения в пильных дисках. В работе приведен анализ зависимости напряжений от сил резания и подачи, термической об-

работки и правки, вибрации диска; выполнен расчет упругих напряжений во вращающихся дисках.

Для определения зависимости упругих напряжений от скорости вращения, форм диска и закона распределения температур по радиусу диска была решена система уравнений^{х/}:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_z}{r} + \frac{1}{s} \cdot \frac{ds}{dr} \cdot \sigma_r + \frac{\gamma \omega^2}{g} r &= 0 \\ (\sigma_z - \sigma_r)(1 + \mu) + \frac{r d\sigma_z}{dr} - \mu r \frac{d\sigma_r}{dr} + r \frac{d}{dr}(E\alpha t) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

где: r - текущий радиус диска, см;

γ - удельный вес материала, г/см³;

s - толщина диска с радиусом r ;

α - температурный коэффициент линейного расширения;

t - температура, град;

μ - коэффициент Пуассона;

E - модуль упругости материала диска, кг/см².

Аналитическое решение приведенной системы уравнений чрезвычайно трудоемко и им обычно пользуются только при наиболее простых частных случаях (например, при расчете напряжений в плоском диске при постоянной температуре).

Решение задач подобного вида целесообразно выполнять численными методами, используя универсальные цифровые вычислительные машины, сеточные электронные интеграторы и электронные моделирующие установки. Наиболее простым методом, не требующим программирования, обработки громоздких таблиц чисел и дополнительных многочисленных, хотя и простых вычислений, является применение электронных моделирующих устройств.

Для решения поставленных задач было изготовлено специальное моделирующее устройство.

Решение уравнения на электронной модели получали в виде кривой, возникающей на экране катодного осциллографа, подключенного к модели. На осциллографе была установлена электронно-

х/ И.Н. Будила "Расчет дисков паровых турбин на прочность", Машиностроение, 1956.

С.П. Тимошенко "Сопротивление материалов", часть II, ГТТИ, 1933.

лучевая трубка с большой периодом несвечения, достаточна и для зарисовки изображения на кальку, приложенную к экрану. Полученные результаты решения задач показали графически на рис. 1.

2. Нагрев шлильных дисков. Характер нагрева шлильных дисков выяснили для использования полученных данных при расчете суммарных напряжений в шлильных дисках. Опыты проводили на строгальных пилах \varnothing 400 мм. Расшиляли сосновый и дубовый пиломатериал толщиной 58 мм.

Кривые распределения температур по радиусу диска показаны на рис. 2.

3. Колебания строгальных пил. Изучение колебаний строгальных пил без нагрузки проводили при плавном увеличении числа оборотов от 1000 до 13000 об/мин. Колебания наблюдали визуально и на экране осциллографа и формы колебаний последовательно менялись при изменении числа оборотов испытуемой пилы, записывали на пленку. Анализ осциллограмм проводили путем разложения сложного периодического процесса на гармонические компоненты, сумма которых воспроизводит форму исходной кривой.

Разложение сложных колебаний на составляющие выполняли двумя способами: а) гармоническим анализом (разложением функции в ряд Фурье); б) разложением по методу огибающих.

В результате испытания пил на холостом ходу было установлено, что при малых оборотах имеют место простейшие колебания только за счет осевого биения и неровностей на пилах; эти колебания по форме почти повторяют запись колебаний пилы, медленно вращаемой рукой (рис. 3а).

Увеличение числа оборотов (n) сопровождается незначительным уменьшением амплитуды главной компоненты (осевого биения). При дальнейшем увеличении n к имеющемуся колебанию добавляются колебания, порождаемые бегущими волнами. Суммарные колебания, амплитуда которых увеличивается, приобретают сложные формы (рис. 3б). Наибольшей амплитуде соответствует резонансная веерная форма колебаний с двумя узловыми диаметрами (рис. 3в). Критические числа оборотов ($n_{кр}$) испытанных пил, соответствующие двухузловой форме колебания, находятся в пределах от

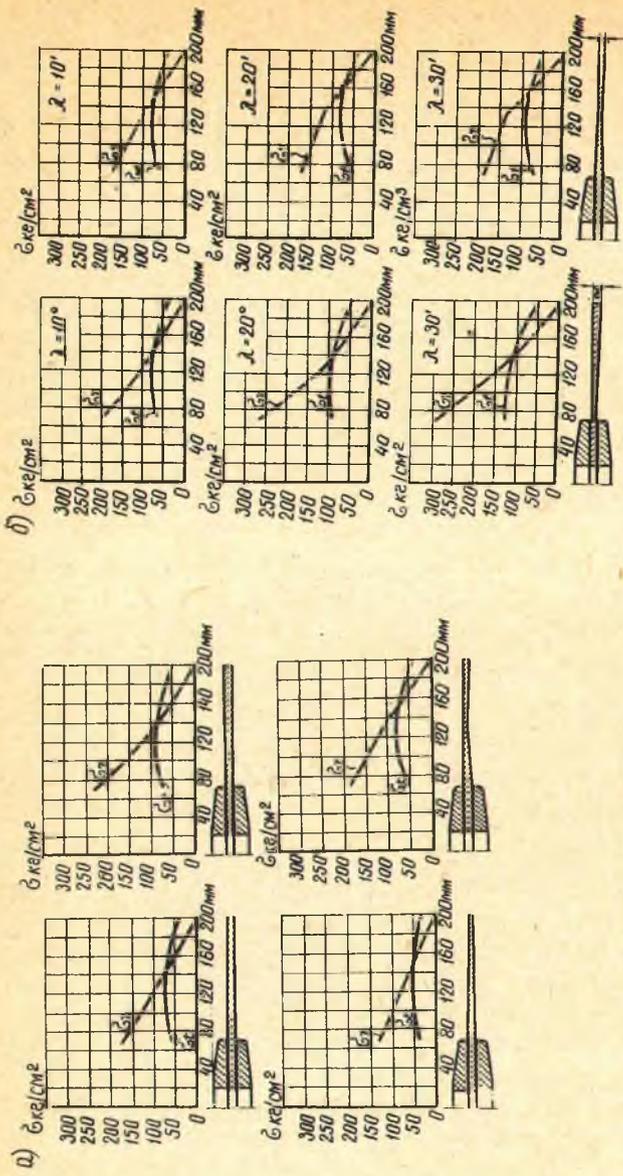


Рис. 1. Результаты расчета напряжений σ_k и σ_r в пильных дисках ϕ 400 мм:
 а) напряжения от центробежных сил инерции у пил с различным профилем при $\gamma = 3000$ об/мин;
 б) напряжения от центробежных сил инерции в дисках стругальных пил с различным поднутрением при $\gamma = 3000$ об/мин.

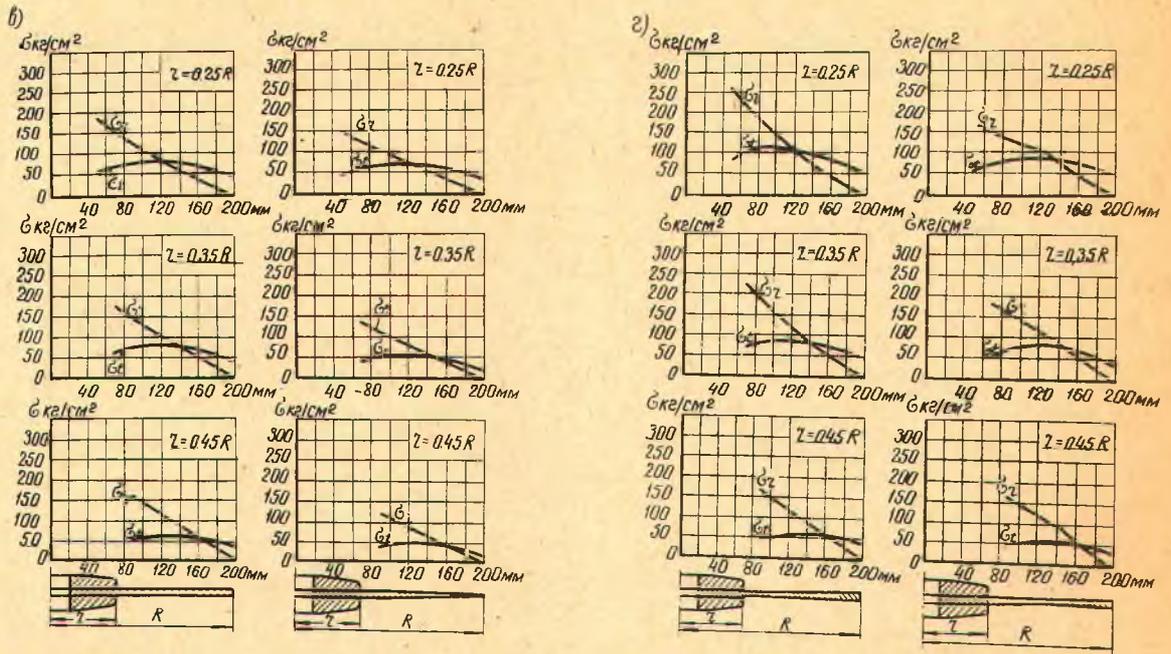


Рис. 1. Результаты расчета напряжений σ_r и σ_z в пильных дисках ϕ 400 мм: в-г) напряжения от центробежных сил инерции у пил с различным профилем диска при изменении радиуса зажимных шайб ($n = 3000$ об/мин.)

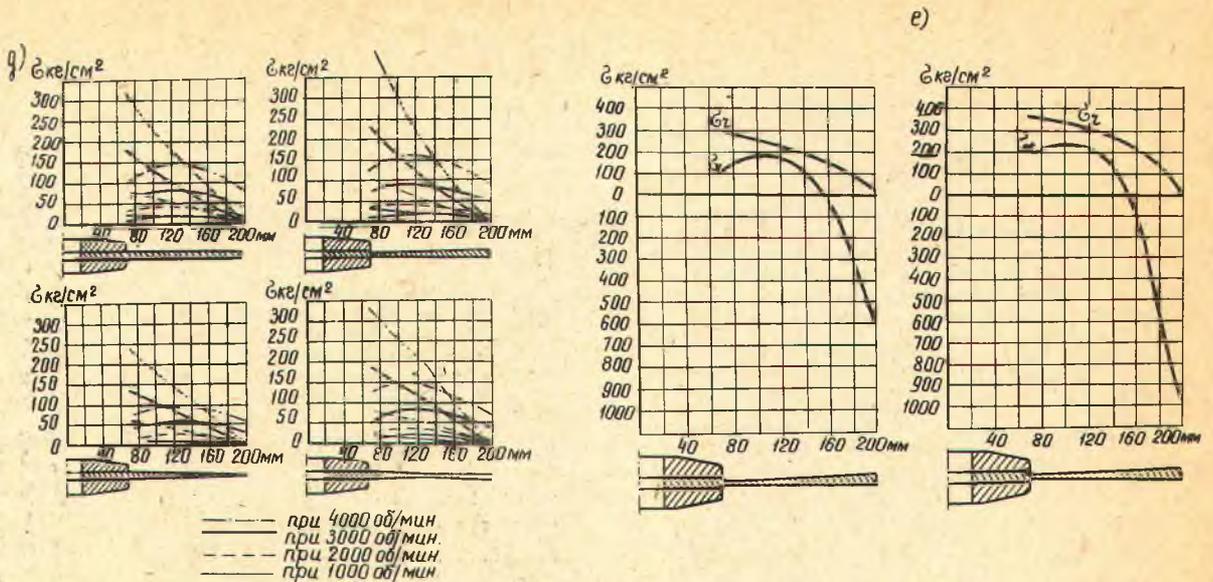


Рис. 1. Результаты расчета напряжений σ_r и σ_z в пильных дисках ϕ 400 мм: д) напряжения от центробежных сил инерции в пильных дисках с различным профилем при изменении числа оборотов; е) суммарные напряжения от центробежных сил инерции и нагрева в дисках стро- гальных пил при распиливания древесины сосны $W = 10-12\%$ и дуба $W = 8-10\%$, $n = 3000$ об/мин.

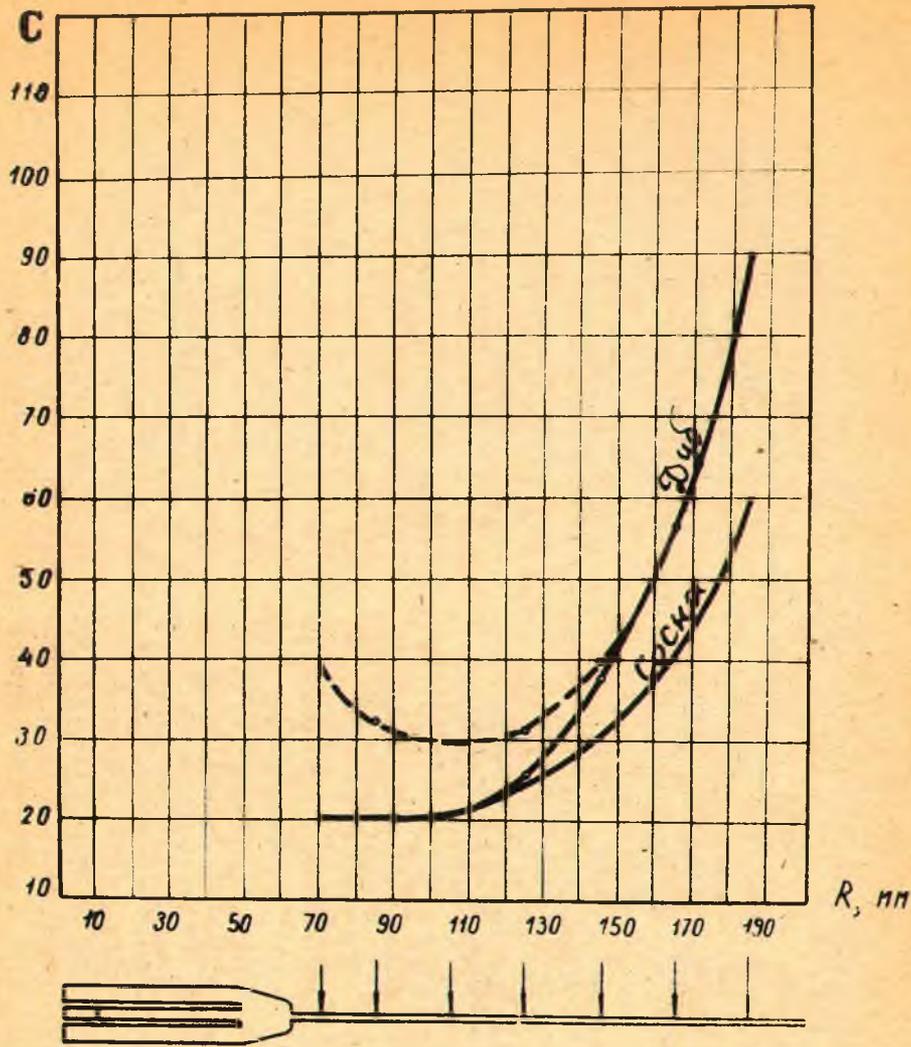


Рис. 2. Распределение температур по радиусу строгальной пилы при распиливании древесины сосны и дуба $H = 55$ мм; $W = 10-12\%$; $U = 6$ м/мин.

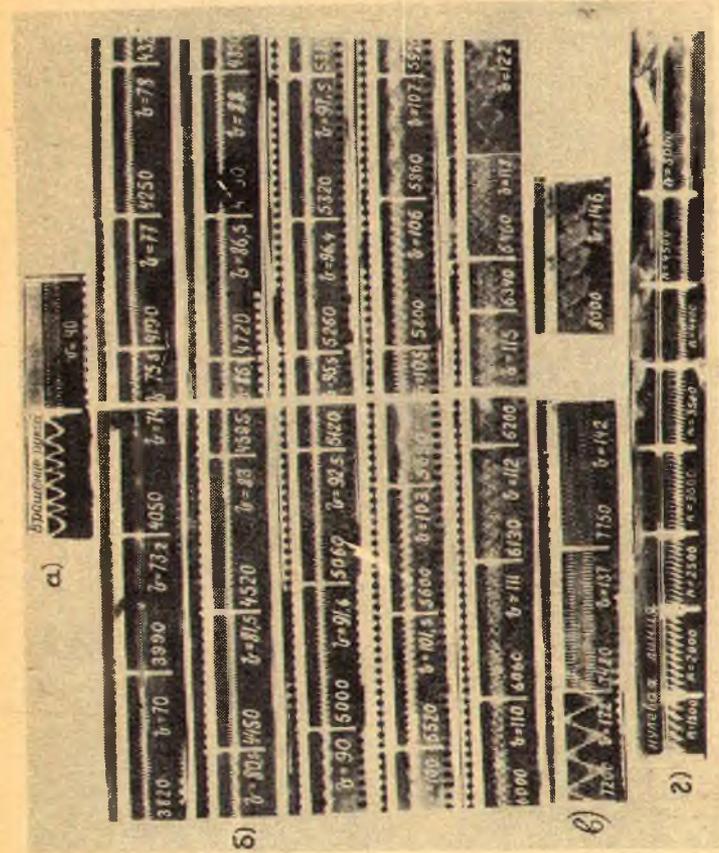


Рис. 3. Колебания наружной кромки строгальной пилы: а - при медленном вращении пыльного диска рукой и при $U = 40$ м/сек (однокомпонентная кривая); б - при появлении сложных форм колебаний (двух и трехкомпонентные кривые); в - резонансная форма; г - при отклонении режущего венца от плоскости симметрии под действием центробежных сил.

2811 ар.

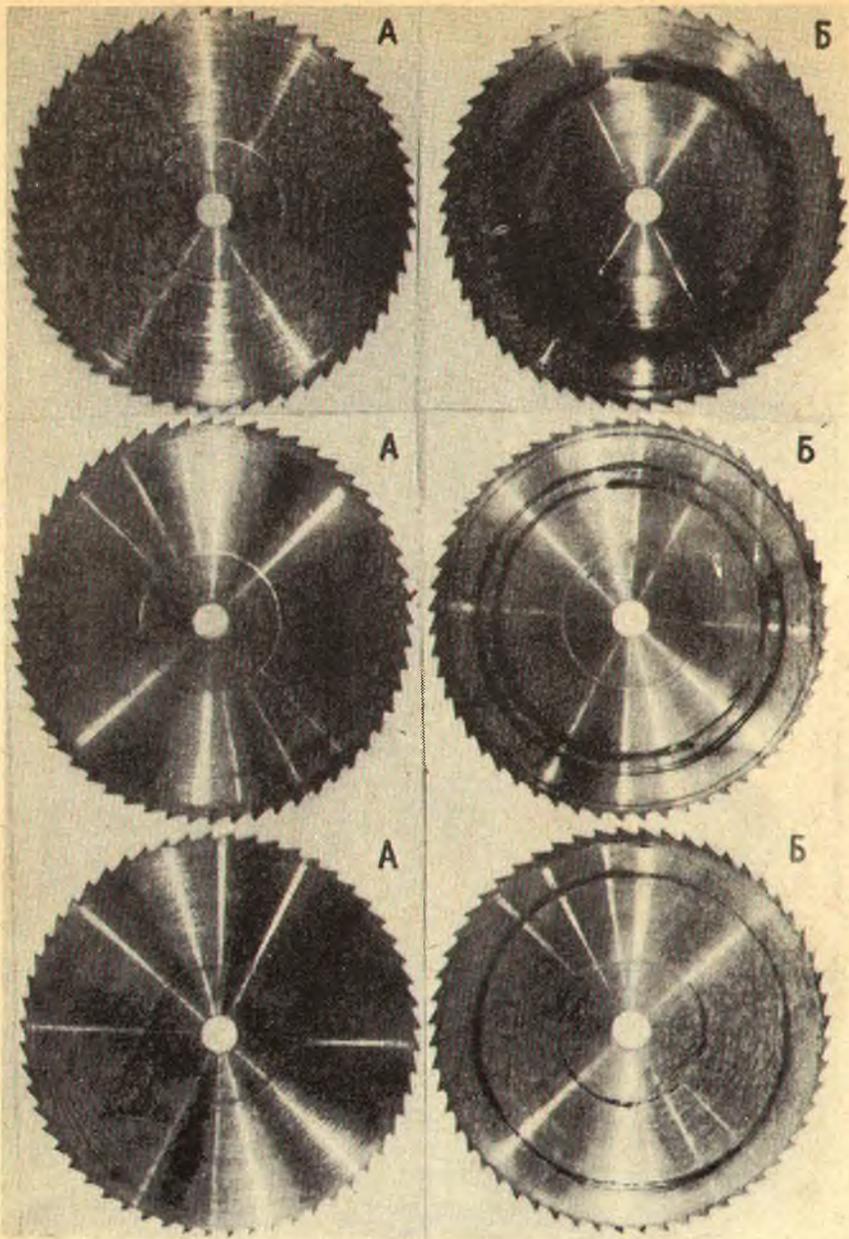


Рис.4. Одностороннее засмаливание боковых поверхностей строгальных пил в результате отклонения режущего венца: А - левая сторона, Б - правая сторона.

ЭМБЛИСТЕНА БТИ
ОБА

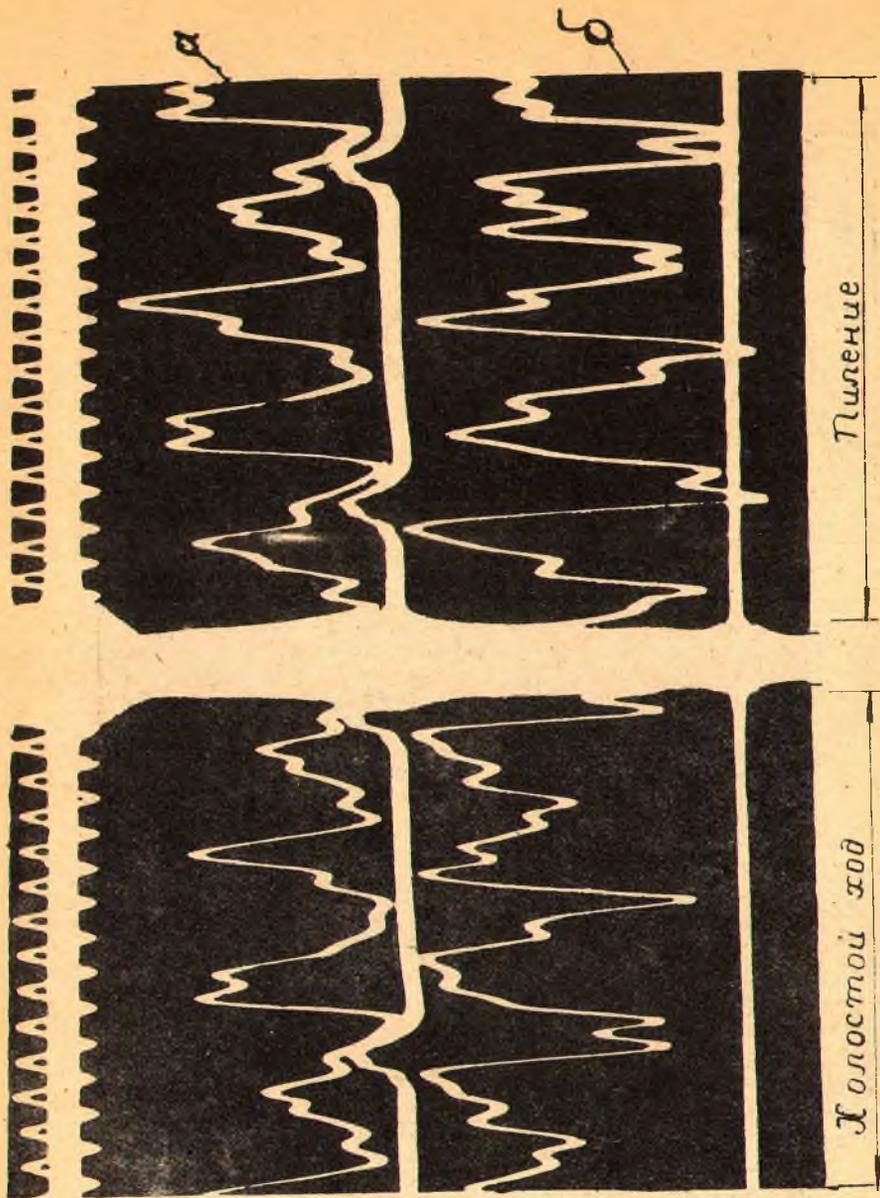


Рис. 5. Осциллограмма строгальной пилы при холостом ходе и при пилении: а - в зоне входа зубьев в пропила (верхний датчик); б - в зоне выхода зубьев из пропила (нижний датчик).

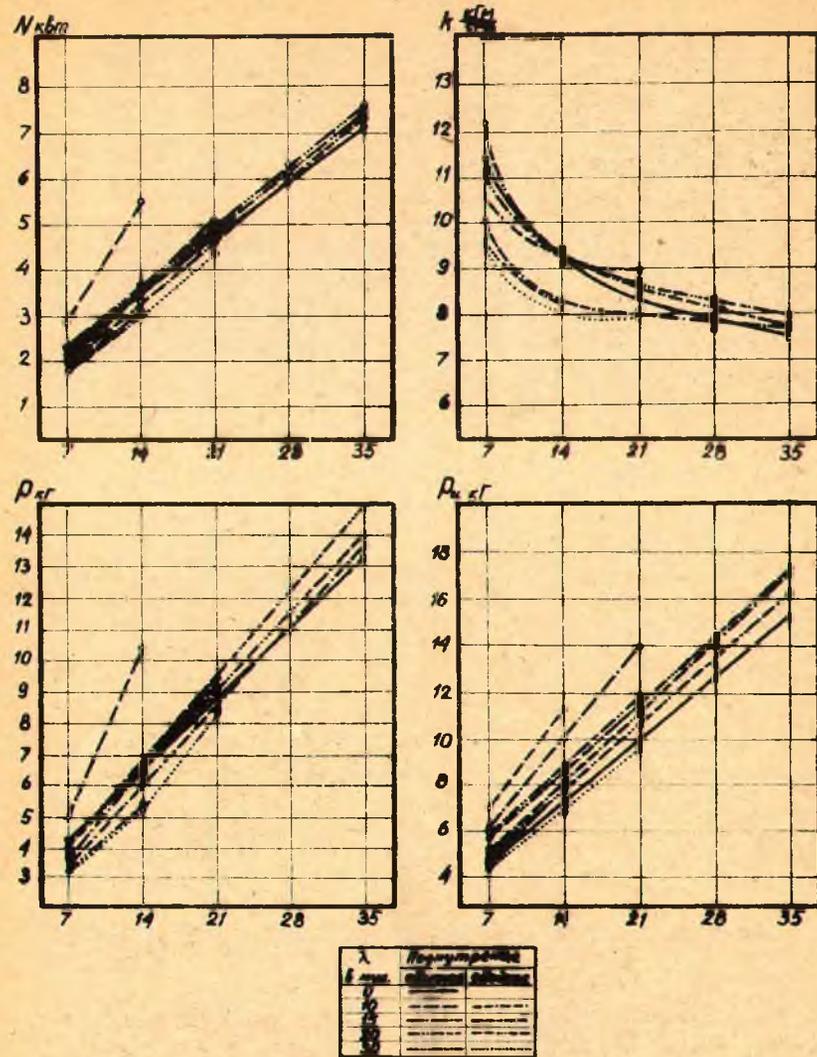


Рис. 6. Результаты сравнительных испытаний строгальных пил ϕ 350 с различным поднутрением пильного диска.

работа пиления (k) закономерно снижалась. При испытании второй группы или более устойчивыми и работоспособными оказались пилы - $S = 2,4$ и $3,0$ мм, в то время как пилы $S = 2,0$ и $2,8$ мм оказались вообще непригодными к работе.

Полученные данные свидетельствуют о том, что поднутре и в дисках у строгальных пил не оказывает существенного влияния на их устойчивость и работоспособность также, как и их толщина. Решающее влияние на устойчивость строгальных пил оказывает собственное напряжение, образующиеся в процессе изготовления и ил при термической обработке и правке.

2. Величина переднего угла зубьев. Исследовано влияние на переднего угла γ (при наличии косой заточки зубьев по передней и задней грани) при распиливании сосновых образцов в $H=60$ мм; $W = 10-12\%$; $U = 7$ и 21 м/мин. Результаты исследований приведены в виде таблиц и графиков, из которых видно, что при увеличении γ от -10° до $+30^\circ$ силовые параметры резания уменьшаются по закону, близкому к прямой линии, а при дальнейшем увеличении γ остаются постоянными.

3. Число зубьев (Z). Распиливали сосновые и дубовые образцы $H=60$ мм; $W = 10-12\%$; $\theta = 42^\circ$; $U = 7$ м/мин; $Z = 56-28-14$ и 7 шт. Приведенные в виде графиков результаты исследований свидетельствуют об уменьшении мощности (N) и усилий резания (P) примерно в 2,8 раза, а усилий подачи (P_d) в 3,3 раза при уменьшении Z с 56 до 7 зубьев и приведенной величины скорости подачи.

4. Прочие факторы. Испытывались одни и те же пилы до балансировки и после статической балансировки, без точного центрирования на валу и при центрировании с помощью специальных конусных колец. Результаты испытаний приведены в виде рекомендаций, необходимых для подготовки пил к работе.

ФАКТОРЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К РЕЖИМАМ И УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОГАЛЬНЫХ ПИЛ

1. Скорость резания (v). Основные опыты были проведены на строгальных пилах $\delta 350$ мм при $v = 65$ и 99 м/сек., дополнили отдельные опыты на пилах 200-250-300 и 400 мм; распиливали образцы из сосны и бука $W = 10-12\%$; $H = 20-40-60$ и 80 мм; $U_x = 0,04-0,08-0,12$ и $0,16$ мм; $\theta = 42^\circ$. Основные результаты приведены в диссер-

тации в виде таблиц и графиков, характеризующих влияние скорости резания на динамическую устойчивость дисков и изменение силовых параметров резания. При увеличении v выше 65 м/сек динамическая устойчивость и работоспособность всех испытанных пил снижаются, силовые параметры резания растут, пила быстро нагревается, стенки пропила подгорают, пропил получается криволинейным. Пиление при v меньше 50 м/сек сопровождается ухудшением чистоты поверхности распила, даже при малых подачах, но нагрев пила уменьшается.

2. Угол встречи (θ) изменяли по ступеням: 31-42-48-56-63°, распиливали сосновый пиломатериал Н=60 мм; W-10-12%; $U=7$ м/мин. Из приведенных в диссертации графиков и таблиц видно, что N , P и удельная работа пиления (κ) — уменьшаются примерно в 1,5 раза при уменьшении θ с 63° до 31°, а P_u увеличивается в 1,4 раза. С увеличением θ чистота поверхности, в зоне выхода зубьев из пропила, ухудшается.

3. Подача на зуб (U_z) изменялась по ступеням: 0,04 - 0,08 - 0,16 - 0,32 - 0,64 - 0,96 - 1,29 - 1,66 мм; распиливали материал дуба и сосны W-10-12%; Н = 60 мм. Основные результаты исследований приведены в таблицах и в графиках на рис. 7. При увеличении U_z все силовые параметры резания в начале уменьшаются, затем растут. Точки перегиба находятся: для древесины сосны при $U_z = 0,65$ мм, для дуба - 0,4 мм. Это свидетельствует о том, что с увеличением нагрузок на пилу (с увеличением U) до критических значений, при которых диск начинает терять устойчивость, появляются дополнительные силы трения между стенками пропила и пилой. Распиливание сосновых образцов при $U_z = 0,96$ мм, а дубовых при 0,64 мм сопровождается отпуском (засинением) кончиков зубьев и их быстрым затуплением.

С возрастанием U_z до критических значений чистота поверхности незначительно ухудшается; при критических значениях точность распила резко снижается.

4. Высоту пропила (Н) — изменяли по ступеням: 20-40-60-80 мм при распиливании сосновых и дубовых образцов W-10-12%, $\theta = 42^\circ$, $U = 7$ м/мин. Из приведенных в диссертации графиков и таблиц видно, что с увеличением Н растет κ , а чистота поверхности несколько ухудшается, но только в зоне выхода зубьев из пропила.

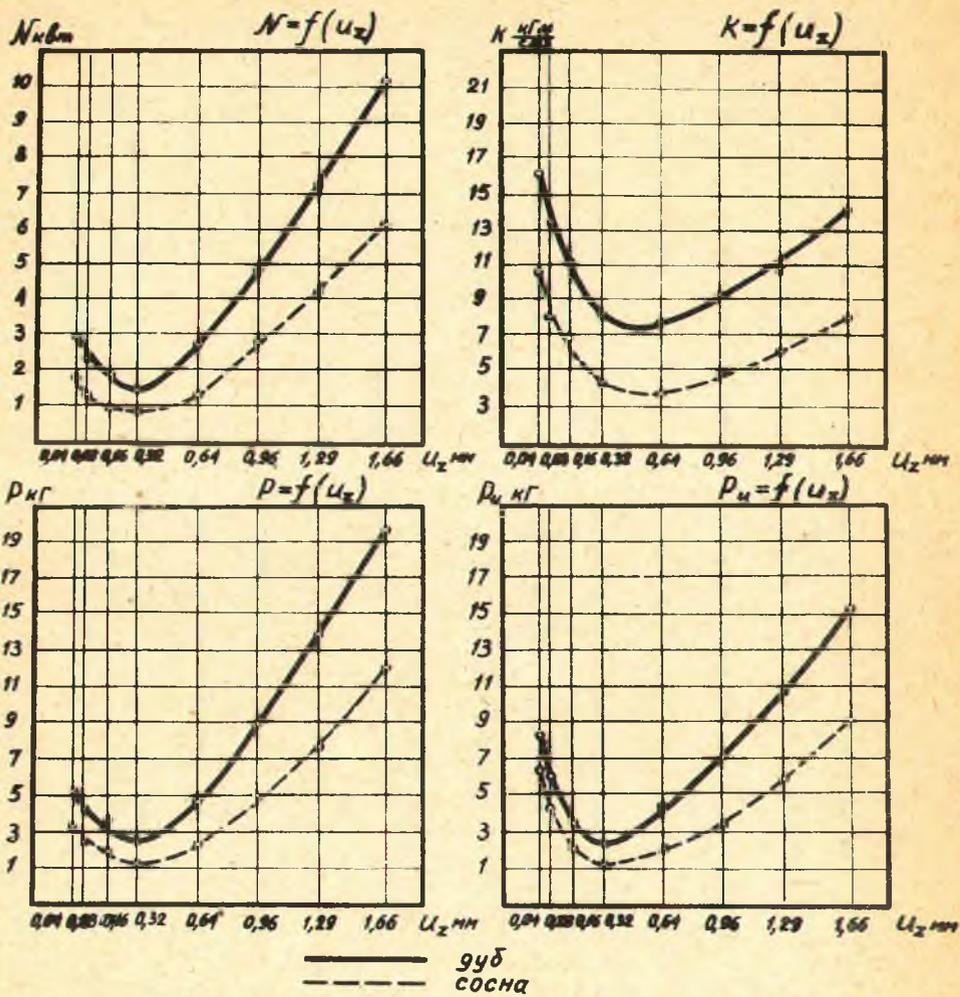


Рис. 7. Изменение силовых параметров резания в зависимости от u_2

5. Направление подачи. Распиливали дубовые образцы $W = 8-10\%$; $H=60$ мм со скоростью подачи $U=6$ м/мин. $\theta = 42^\circ$. Направление подачи изменяли таким образом, чтобы обеспечить и т л непараллельность направления подачи плоскости вращения пильного диска; 0-2, 0-4, 0 и 6, 0 мм на 1 м. При развороте вправо на пилу оказывала давление отпиливаемая рейка, а при развороте влево - распиливаемый образец. Основные результаты, полученные при проведении опыта, приведены в таблицах, а также показаны на рис. 8.

Они свидетельствуют о том, что непараллельность подачи может оказывать решающее влияние на устойчивость и работоспособность строгальных пил.

6. Осевое биение. Любая дисковая пила имеет осевое биение, обусловленное биением зажимных шайб и неплоскостью диска.

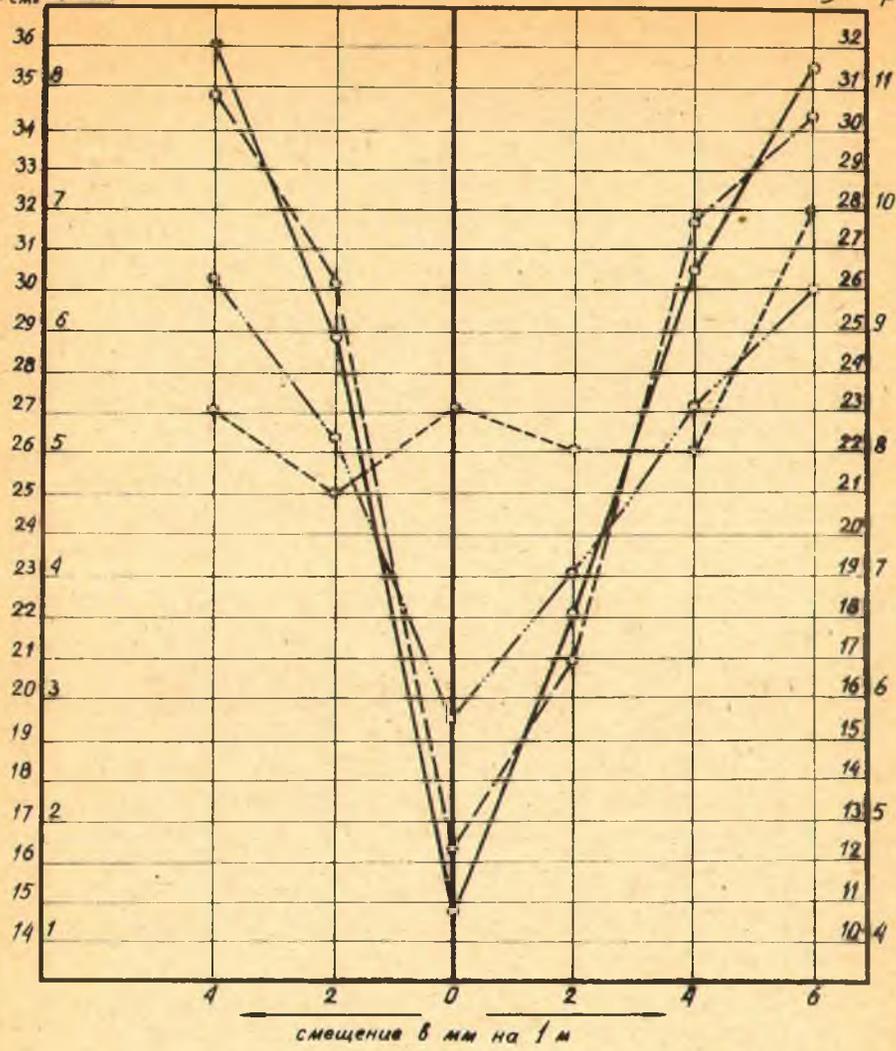
Условия проведения опытов: строгальная пила ϕ 400 мм; порода древесины - сосна $W = 10-12\%$; $H = 60$ мм; $\theta = 42^\circ$, $U = 7-14$ и 21 м/мин; начальное биение пилы - 0,2 мм, радиальное биение зубьев - 0,02 мм. Осевое биение изменяли с помощью специальных конусных фланцев по ступеням: 0,3-0,45-0,9-1,5-2,6 мм. Полученные данные о значении осевого биения приведены в таблицах, а частично показаны на рис. 9.

7. Затупление зубьев. В опытах использовали две пилы ϕ 400 мм $S = 2,6$ мм. Одна пила имела поднутрение $\lambda = 12'$, другая была плоская. Распиливали сосновые пиломатериалы длиной по 3 м, толщиной 50 мм, при подаче без разрыва торцов со скоростью $U = 6$ м/мин. При одних и тех же условиях затупление зубьев зависит от пути, пройденного каждым зубом в пропиле. Резкое возрастание силовых параметров резания и потеря пилами устойчивости являлись косвенными признаками предельно допустимого затупления зубьев испытываемых пил.

На рис. 10 графически показаны полученные основные результаты. Из графика видно, что при одних и тех же условиях распиловки и одинаковых основных конструктивных параметрах (диаметре, толщине, числе и профилировке зубьев) работоспособность плоских пил без уширения режущего венца не уступает строгальным пилам с поднутрением.

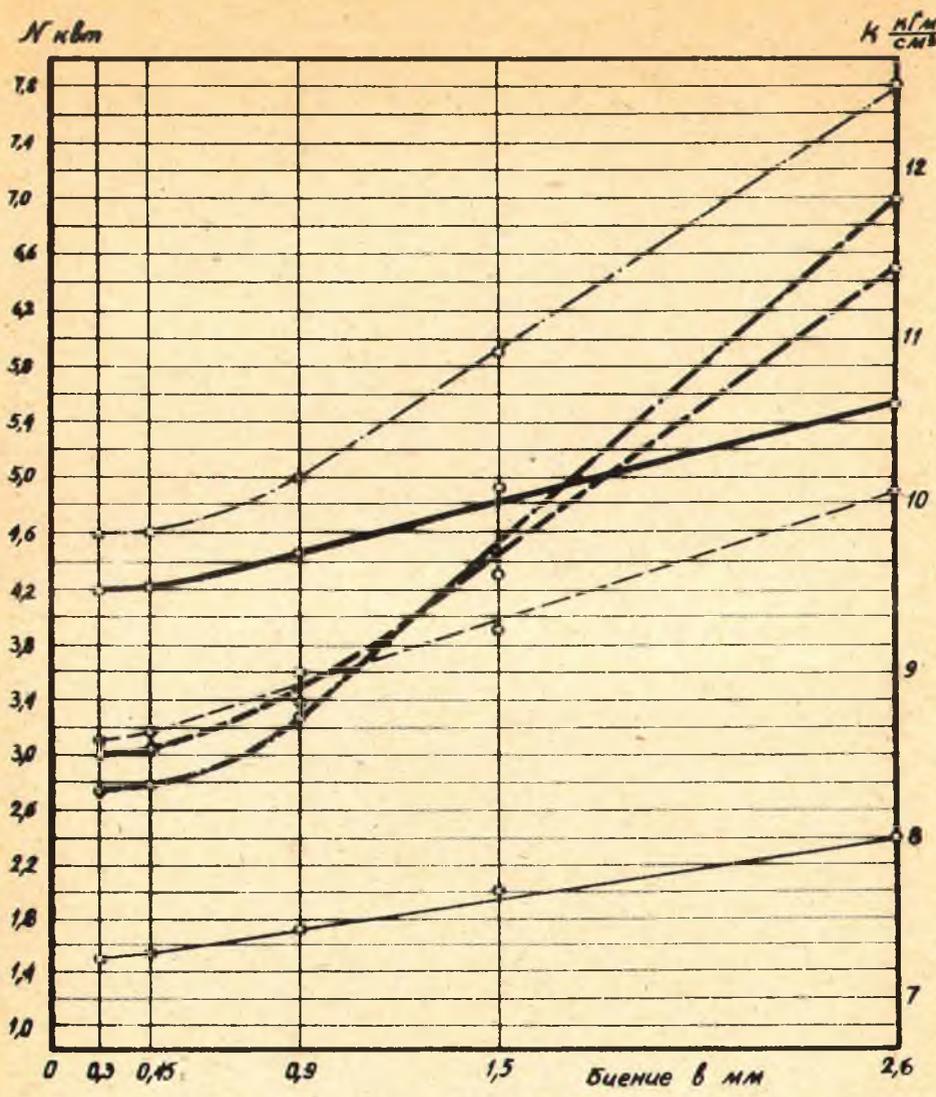
$N_{\text{см}}$ Нивт

μ мк $\rho_{\text{кг}}$



----- μ ; ———— N ; ρ ; ———— k ;

Рис. 8. Изменение силовых параметров резания и чистоты поверхности в зависимости от непараллельности подачи плоско с т и пильного диска.



| U | K | N |
|----------|-------|-------|
| 7 м/мин | ————— | ————— |
| 14 м/мин | ————— | ————— |
| 21 м/мин | ————— | ————— |

Рис. 9. Изменение N и K в зависимости от осевого бие-
ния диска строгальной пилы \varnothing 400 мм.

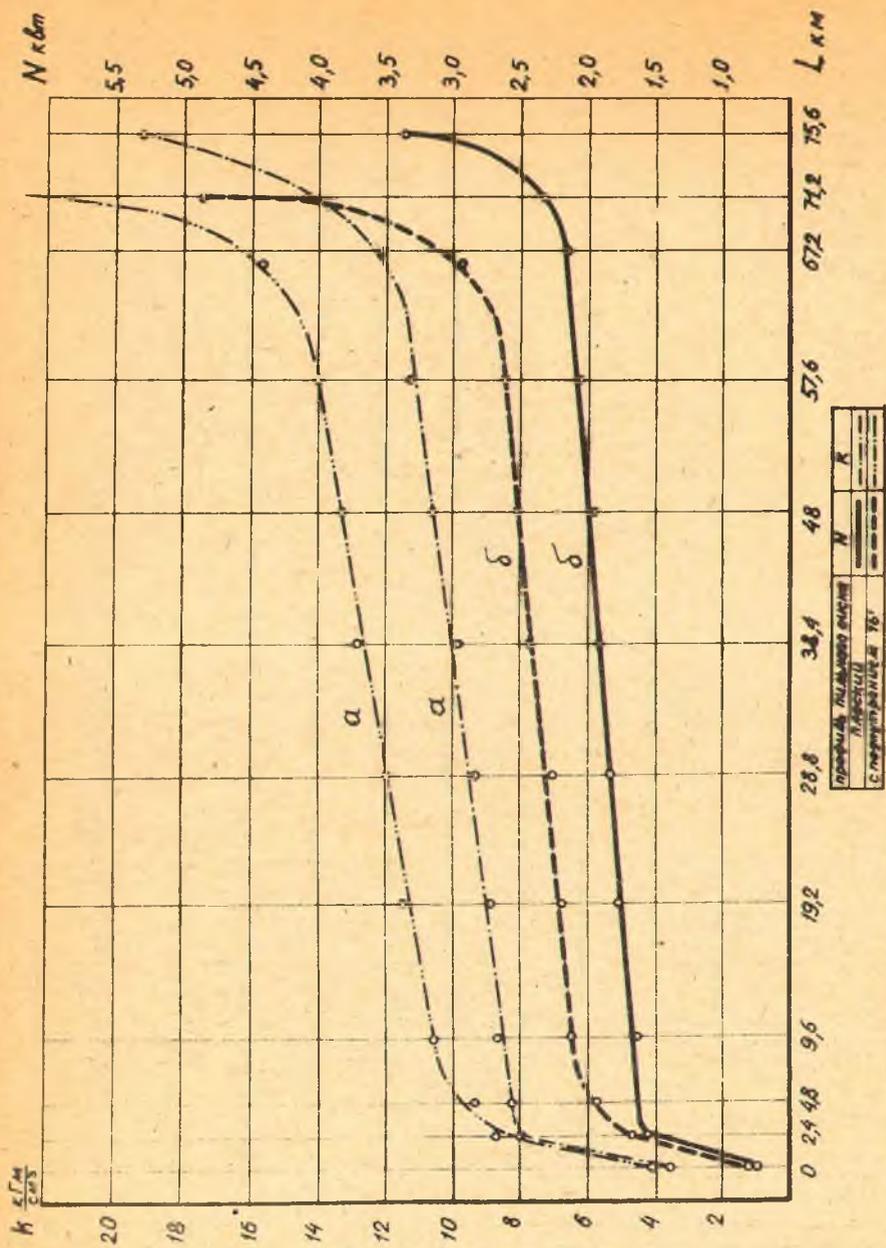


Рис. 10. Изменение N и K в зависимости от длины пути, пройденного каждым зубом в пиле (ϕ 400 мм; $S=2,6$ мм): а - пила с поднутрением; б - пила без поднутрения и без развода зубьев.

8. Прочие факторы. В диссертации приведено влияние на потерю пилами устойчивости перебазирования материала в процессе реза (распиливание покоробленных досок или плохое техническое состояние станка), наличия больших внутренних напряжений в пиломатериалах вследствие жестких режимов сушки. Чтобы исклечить наблюдаемую в подобных случаях почти мгновенную потерю устойчивости пил из-за сильного нагрева, сопровождающуюся появлением характерного стука, рекомендуется пиломатериалы листовых пород подвергать при камерной сушке конечной термо-влажгообработке, не допускать распиливание покоробленных пиломатериалов и производить выверку станков по нормам точности и правилам, приводимым в инструкции, прилагаемой к диссертации.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Проведенные исследования позволили установить, что:

1. Причиной неудовлетворительной работы строгальных пил является потеря дисками устойчивости плоской формы равновесия под действием внутренних и внешних сил.

2. Основное влияние на потерю строгальными пилами устойчивости оказывают термические напряжения, обусловленные трением, связанным как с процессом стружкообразования, так и с конкретными условиями работы каждой пилы.

3. На величину напряжений (σ_t и σ_r) от центробежных сил инерции не оказывают существенного влияния профиль диска (плоский, конический, с поднутрением), величина и форма поднутрения боковых плоскостей и диаметр зажимных шайб. Численное значение этих напряжений невелико. Во всех случаях σ_t и σ_r на наружной кромке диска имеют положительный характер и растут пропорционально квадрату увеличения r .

4. Диаметр зажимных шайб оказывает существенное влияние на характер распределения напряжений по радиусу диска. Перепад напряжений σ_t уменьшается с увеличением диаметра зажимных шайб; у конических пил он меньше примерно в три раза, чем у строгальных и почти в два раза, чем у плоских. С увеличением числа оборотов у всех дисков перепад напряжений σ_t по радиусу увеличивается.

5. При строго одинаковом поднутрении обеих боковых плоскостей строгальных пил наружная кромка пильного диска нагревается больше остальной части пилы. В этих случаях суммарные напряжения σ_{Σ} от центробежных сил инерции и неравномерного нагрева диска, на наружной его кромке, имеет отрицательный знак; периферийная зона шириной $\approx (0,2-0,25) R$ испытывает напряжения сжатия, величина которых в $12+20$ раз превышает положительное напряжение от центробежных сил. С увеличением отрицательных напряжений увеличивается и ширина кромки пилы, испытывающая напряжения сжатия. При критических значениях температурного перепада пильный диск теряет устойчивость плоской формы упругого равновесия по второй веерной форме.

6. При неодинаковом поднутрении боковых плоскостей пилы наружная кромка под действием центробежных сил отклоняется от плоскости симметрии диска. При наличии отклонения режущего венца силы резания способствуют выпучиванию средней зоны пильного диска, ее нагреву до температуры, значительно превышающей температуру нагрева наружной кромки. В этих случаях диск может терять упругое равновесие по зонтичной или первой веерной форме.

7. За критерий устойчивости строгальных пил следует принимать способность колеблющегося режущего венца не отклоняться от плоскости симметрии диска под действием внутренних и внешних сил.

8. Существенное влияние на динамическую устойчивость пильных дисков могут оказывать собственные напряжения, образующиеся в результате термической обработки и заводской правки пил при их изготовлении.

9. С увеличением скорости резания выше 55-65 м/сек динамическая устойчивость большинства строгальных пил снижается, режущий венец под действием центробежных сил отклоняется от плоскости симметрии диска, колебания приобретают сложный характер, суммарная амплитуда колебания увеличивается в 4-6 раз, по сравнению с начальными колебаниями; суммарные колебания представляют собой двух и трехкомпонентные кривые.

10. При прочих равных условиях устойчивость строгальных пил снижается с увеличением угла поднутрения диска, скорости подачи, плотности распиливаемого материала и с уменьшением толщины диска

в наиболее тонком месте.

11. Поднутрение пильных дисков не исключает возможно с т и возникновения трения между стенками пропила и пилой, но усложняет правку пил.

12. Вместо пил с поднутрением, при одних и тех же условиях работы, можно применять плоские пилы без поднутрения дисков и развода зубьев, толщина которых должна приниматься примерно такой же, как толщина строгальных пил.

13. Для чистовой распиловки хвойных пиломатериалов целесообразно применять малокошаческие пилы (конусность 12-15') без развода, но с ориентированным осевым биением, величина которого не должна превышать 0,6 мм.

14. Осевое биение режущего венца у строгальных пил не должно превышать 0,5 мм; с ростом осевого биения выше приведен и их значений устойчивость пильных дисков снижается, силовые параметры резания растут, качество распила ухудшается.

15. При сохранении пильными дисками устойчивости пропила разбивается за счет вибрации, сопутствующей процессу пиления дисковыми пилами. Величина разбивания пропила всегда меньше осевого биения режущей кромки пилы вследствие наличия упругого восстановления волокон древесины и демпфирования диска в пропиле. С увеличением осевого биения демпфирование возрастает. Демпфирование сопровождается увеличением силовых параметров резания и способствует образованию усталостных трещин в пилах. С увеличением скорости подачи отрицательное влияние осевого биения растет.

16. При наличии косой заточки зубьев передний угол следует принимать с учетом плотности распиливаемого материала в пределах 20-30°.

17. Строгальные пилы после заточки должны быть подвергнуты статической балансировке с точностью до 20 г.см. Радиальное биение отдельных зубьев не должно превышать 0,05 мм.

18. Целесообразно, чтобы заводы-изготовители поставляли пилы с посадочными отверстиями, выполненными по II кл. точности. Диаметр отверстий должен быть на 15-20 мм больше диаметра посадочных мест валов круглопильных станков; точное центрирование пил на валах целесообразно производить с помощью конусных колец, которые

помещаются в отверстия пил и обеспечивает скользкую посадку . Расточка внутреннего отверстия у строгальных пил на предприятиях, применяющих такие пилы, сопровождается потерей дисками устойчивости.

19. При качественных строгальных пилах и отсутствии отклонений режущего венца от плоскости симметрии диска под действием центробежных сил инерции, решающее влияние на чрезмерный нагрев и потерю диском упругого равновесия оказывают непараллельность направления подачи плоскости вращения диска и перебазирования и распиливаемых материалов в процессе реза, вследствие их покоробленности или при неудовлетворительном техническом состоянии и станка.

20. Действующие нормы точности на круглопильные станки с гусеничной подачей не выполняются заводами-изготовителями и станки, предназначенные для чистовой распиловки, должны на месте а х подвергаться дополнительной выверке.

21. Подача на зуб при эксплуатации строгальных пил должна быть не менее 0,05 мм и не должна превышать 0,6 мм при распиливании основных пиломатериалов и 0,3 мм - при распиливании пиломатериалов твердых пород. Уменьшение подачи ниже приведенных значений сопровождается образованием пыли и налипанием её на пилу, а увеличение подачи выше приведенных значений сопровождается отпуском и быстрым затуплением зубьев. Указанные явления способствуют нагреву пил и потере дисками устойчивости.

22. При затуплении зубьев устойчивость строгальных пил снижается. Срок переточки строгальных пил зависит от износостойкости их зубьев и от физико-механических свойств распиливаемой древесины и может быть таким же, как для пил с разводом, применяемых в деревообрабатывающих производствах.

23. Увеличение износостойкости зубьев строгальных пил следует осуществлять путем хромирования, азотирования и т.п. методами обработки поверхностей, а не путем увеличения твердости и только закалкой дисков.

24. Пиломатериалы лиственных пород, предназначенные для чистовой распиловки, должны в процессе камерной сушки подвергаться конечной термовлажобработке.

25. Закон изменения удельной работы пиления при изменении z и $u = \text{Const}$ будет иным, чем при $z = \text{Const}$ и изменении u . Поэтому оптимальное значение u_z будет неодинаково для пил с различным числом зубьев.

26. С увеличением угла встречи θ устойчивость строгальных пил снижается, чистота поверхности распила ухудшается, мощность и удельная работа пиления увеличиваются, усилия подачи уменьшаются.

27. С увеличением высоты пропила устойчивость пыльных дисков снижается, k увеличивается по закону, близкому к прямой линии, чистота распила незначительно ухудшается.

Рекомендации по эксплуатации строгальных пил и внедрении в нового типа пил для чистовой распиловки с плоским и малоконическим диском, а также параметры этих пил изложены в виде инструкции и технических условий на изготовление пил и помещены в приложении № 1. В приложении № 2 приводятся акты производственных испытаний пил нового вида.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Распиловка древесины чисторежущими пилами, Гослесбумиздат, 1960.

2. Круглые пилы без уширения режущего венца, "Деревообрабатывающая промышленность", № 1, 1958.

3. Правка строгальных пил "Деревообрабатывающая промышленность" № 6, 1958 г.

4. Круглые пилы без развода зубьев для чистовой распиловки, "Лесоинженерное дело" № 1, 1959 г.

И95069 Подписано в печать 9/УИ-68 г.

Бумага 60/80 1/16 д.л. 2,0 п.л.

Заказ 953 Тираж 180 экз. Бесплатно

Отпечатано в Производственных экспериментальных
мастерских ЦНИИСа Госстроя СССР