

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053 : 621.933.61

СИЛЫ РЕЗАНИЯ В ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЕ
С ЗАМКНУТОЙ ТРАЕКТОРИЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПИЛ

Л. А. ШАБАЛИН, В. С. БЕЛОШЕЙКИН, А. В. ЛИНЬКОВ,
А. П. ГОЛОВАЧЕВ

Уральский лесотехнический институт, Головное конструкторское бюро
древеобрабатывающего оборудования

Выпуск лесопильных рам с зубчато-ползунным механизмом резания, в котором вертикальные и горизонтальные составляющие сил инерции полностью уравновешены, а зубья пил движутся по замкнутой траектории, потребовал проведения экспериментальных исследований динамической нагруженности элементов этих рам, в том числе и сил резания.

Силы резания исследованы нами на опытной вертикальной лесопильной раме (ЛР) конструкции ГКБД. Кинематическая схема механизма резания ЛР и форма траектории точки В прикрепления пильной рамки (ПР) приведены на рис. 1.

Вращение от кривошипа 2 передается коромыслу 3, обкатывающемуся по неподвижному колесу 1 и жестко соединенному с сателлитом 4. В точке В к коромыслу прикрепляется основание ПР 5, а верхняя часть ПР опирается на ползуны 6, перемещающиеся в неподвижных направляющих 7. Точка *b*, находящаяся на коромысле и диаметре делительной окружности сателлита, совершает вертикальное перемещение, а точка В, отстоящая от нее на расстоянии $bB = a$, движется по замкнутой траектории, показанной на рис. 1.

Такая траектория позволяет увеличивать подачу на зуб в мо-

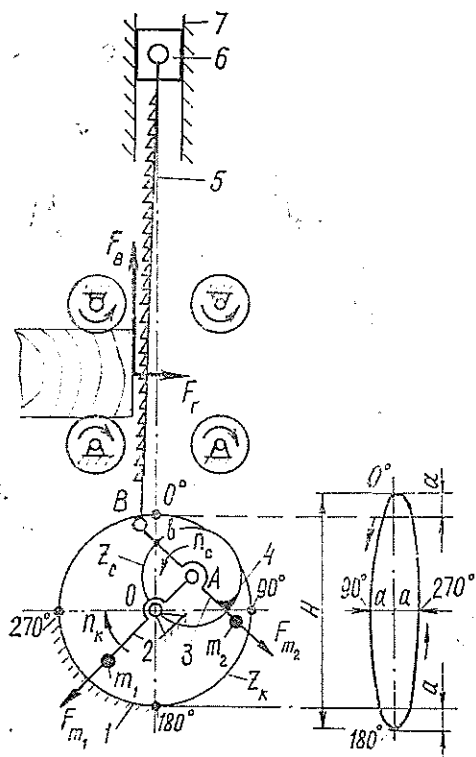


Рис. 1. Кинематическая схема зубчато-ползунного механизма резания лесопильной рамы с замкнутой траекторией движения пил

мент наибольших скоростей резания за рабочий ход и уменьшать скобление зубьев о дно пропила за холостой ход. Амплитуда a смещения B от вертикали принята постоянной и равной 18 мм, что соответствует примерно половине максимально допустимой посылке у ЛР. Соединение ПР с коромыслом в точке B упрощает конструкцию ЛР и существенно снижает размеры ее по высоте.

На кривошипе и коромысле установлены противовесы m_1 и m_2 , центробежные силы которых F_{m_1} и F_{m_2} при углах положения кривошипа φ , равных 0 и 180°, направлены в одну сторону и уравнивают вертикальные силы инерции ПР в мертвых положениях механизма резания. При углах 90 и 270° усилия F_{m_1} и F_{m_2} направлены в противоположные стороны и в этом положении они уравнивают максимальные горизонтальные силы инерции ПР.

Основные параметры лесорамы: ход H ПР и частота ее перемещения соответственно — 420 мм и 260 мин⁻¹; число пил в ПР постоянное — 10; просвет — 630 мм; мощность двух электродвигателей механизма резания — 44 кВт; подача распиливаемого материала — непрерывно-постоянная с электрогидравлическим приводом вальцев; посылки Δ — плавно изменяющиеся от 4 до 35 мм; уклон ПР — 4 мм.

Горизонтальные $F_{г}$ и вертикальные $F_{в}$ составляющие сил резания (в дальнейшем — силы резания) осциллографировали с помощью стенда*. В опытах распиливали сосновые брусья высотой h , равной 100, 200, 300, 400 и 450 мм. Число пил в ПР было постоянным — 10, а число пил, участвующих в резании, принималось равным 1, 3, 5, 7 и 10. Угловые параметры разведенных зубьев соответствовали ГОСТ 5524—75. Шаг, ширина развода зубьев на сторону и толщина пил соответственно составляли 26; 0,7 и 2,2 мм.

Опытные распиловки проводили с посылками: 5, 8, 12, 17 и 25 мм. Уклон пил U в ПР с указанными посылками: 0, 4, 8 и 12 мм. Усилие натяжения каждой пилы контролировали тензодатчиками, наклеенными на захваты пил, и принимали равным 50 кН. Параллельно с силами резания осциллографировали колебания силы натяжения пил на уровне верхних и нижних захватов в течение оборота кривошипов.

В данной статье рассматриваются только результаты сравнительных исследований сил резания для двух траекторий движения пил — замкнутой и прямолинейной.

В качестве основных оценочных параметров приняты: экстремальные значения горизонтальных и вертикальных сил резания за рабочий ($F_{гр}$, $F_{вр}$) и холостой ($F_{гх}$, $F_{вх}$) ходы ПР; средние значения этих сил также за рабочий ($F_{гср}$, $F_{вср}$) и холостой ($F_{гсх}$, $F_{всх}$) ходы ПР, определенные делением соответствующей площади под осциллограммой на длину ее абсциссы.

На рис. 2, а, б приведены фрагменты осциллограмм сил резания для двух траекторий движения сил. Для замкнутой траектории силы обозначены F' , а для прямолинейной — F'' . Нуль градусов на осциллограммах соответствует верхней мертвой точке. Положительные значения сил соответствуют направлениям, указанным на рис. 1.

Как видно из рис. 2, наблюдаются существенные различия характера изменения сил и их величины. Для замкнутой траектории вертикальные и горизонтальные силы резания в период рабочего хода максимальны при углах поворота кривошипа 50...100°, т. е. когда скорости резания наибольшие; в конце рабочего хода эти силы меньше, чем при прямолинейной траектории.

Значительно снизились и силы резания (скобления и отбоя) в период холостого хода. Уменьшилась продолжительность их действия на пилы. Для распиловок брусьев высотой свыше 300 мм с посылками до 20 мм в нижней мертвой точке наблюдается самозатягивание распиливаемого материала, вызванное силами трения зубьев о боковые стенки

* Стенд для измерения сил резания в лесопильных рамах / В. Ф. Виноградов, Л. А. Шабалин, В. И. Сорокин, Л. Л. Лебедев // Деревообаб. оборуд.— 1981.— Вып. 2.

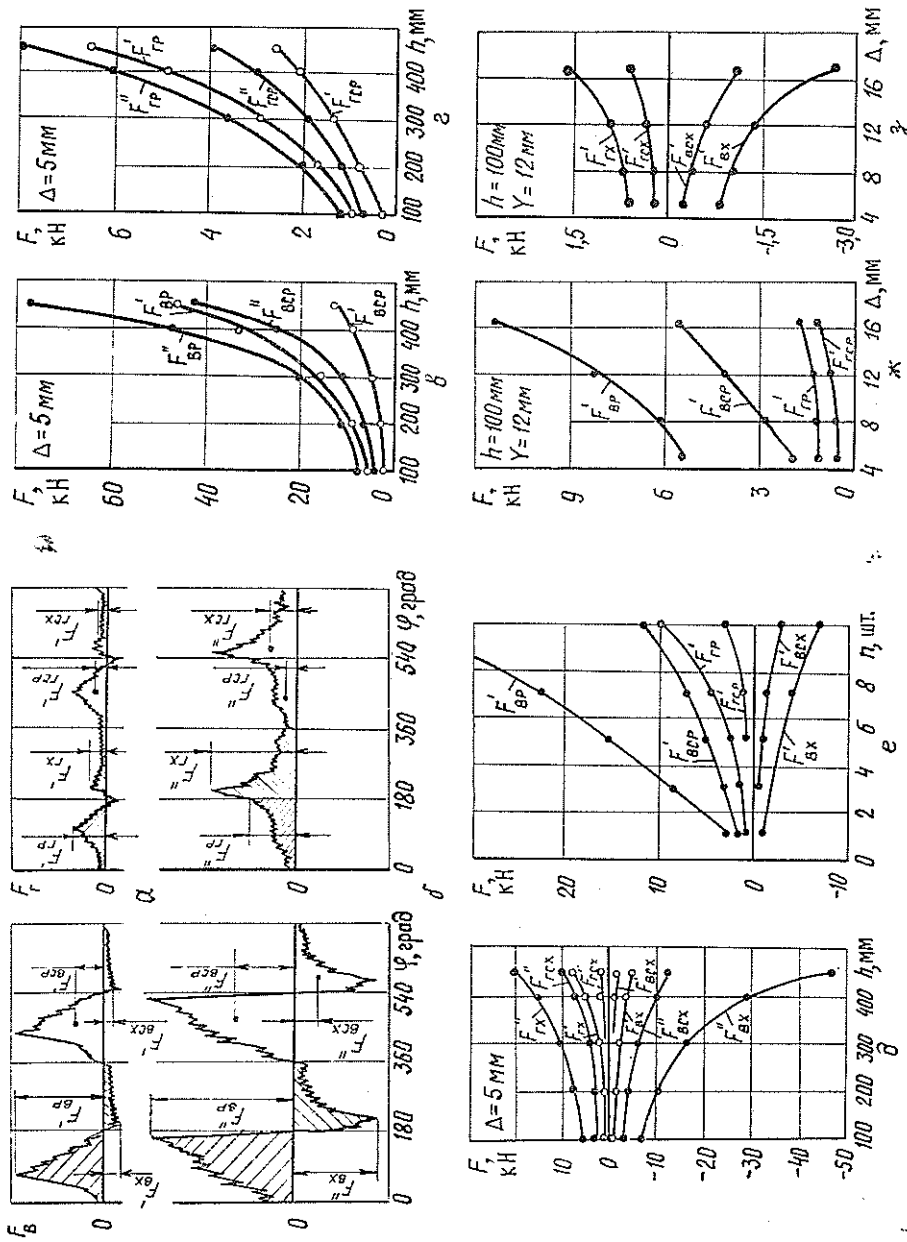


Рис. 2. Графики вертикальных и горизонтальных составляющих сил резания в зависимости от угла поворота кривошипа соответственно для замкнутой и разомкнутой траекторий; а, е, д — от высоты пропила; б, з — от числа пил; ж, з — от величины посылки

пропила. При распиловках брусев меньшей высоты посылками более 20 мм самозатягивания материала не происходит.

На рис. 2, в, г, д приведены графики изменения основных параметров сил резания в зависимости от высоты пропила h при постоянной посылке. Для замкнутой траектории все основные параметры сил резания меньше на 20...130%. При этом наибольшее снижение наблюдается у горизонтальных составляющих $F_{гр}$, $F_{гср}$, $F_{гх}$, $F_{гсх}$.

Снижение сил резания для замкнутой траектории в конце рабочего и в начале холостого ходов привело к уменьшению амплитуды колебаний пил в течение оборота кривошипов в 1,7 и 1,3 раза соответственно

на уровне верхних и нижних захватов. А это способствовало повышению устойчивости пил. Уровень критических посылок по устойчивости пил при замкнутой траектории на 20...40 % выше, чем при прямой траекторией. При замкнутой траектории снижается и шероховатость поверхности пропила примерно на один класс.

С увеличением числа пил, участвующих в резании, основные параметры сил резания изменяются вначале линейно (до 7 мил), а затем темп их нарастания возрастает (рис. 2, е). Это обусловлено различной прочностью ядровой и заболонной частей древесины образцов, а также нелинейностью динамических жесткостей механизмов резания и подачи с возрастанием на них нагрузок. Увеличение посылок при постоянной высоте пропила и уклоне пил приводит к нелинейному изменению основных параметров сил резания (рис. 2, ж, з). После заполнения впадин зубьев темп нарастания сил резания возрастает.

Известно, что относительный уклон, равный отношению уклона пил к посылке ($\xi = U/\Delta$), оказывает большое влияние на величину сил резания. Для замкнутой траектории наиболее выгодная величина относительного уклона ξ_n , при которой силы резания минимальны, непостоянна и зависит от высоты пропила. Для исследованной лесорамы ξ_n колеблется от 0,75 до 3,00 (рис. 3).

Для высот пропила $h \geq 300$ мм пиление с уклонами, отличающимися от ξ_n , приводит к повышению сил резания в 1,2...1,5 раза. Подобная зависимость $\xi_n = f(h)$ была экспериментально подтверждена нами и в опытах на лесопильных рамах с кривошипно-ползунным механизмом резания, в котором пилы движутся также по замкнутой траектории.

Поддержание относительного уклона пил на оптимальном уровне в зависимости от высоты пропила требует установки на ЛР дополнительного механизма. На наш взгляд, для части ЛР с замкнутой траекторией можно было бы эту задачу частично решить за счет установки постоянного уклона ПР в верхних направляющих. Так, для исследованной ЛР, с учетом особенностей ее конструкции (постоянное число пил) и эксплуатационных условий, уклон ПР необходимо увеличить до 10...12 мм. Такой уклон ПР, а следовательно и пил, будет оптимальным при высотах пропила $h \geq 300$ мм. Для меньших высот пропила силы резания будут незначительно больше, чем при ξ_n .

Учитывая преимущества рассмотренной ЛР — отсутствие фундамента за счет полного уравновешивания сил инерции и повышенную производительность вследствие снижения сил резания и повышения устойчивости пил — нами была изготовлена промышленная партия ЛР с зубчато-ползунным механизмом резания с кинематическими и конструктивными параметрами исследованной лесорамы. Более чем 4-летние производственные испытания таких ЛР показали их достаточную надежность и подтвердили повышенную производительность.

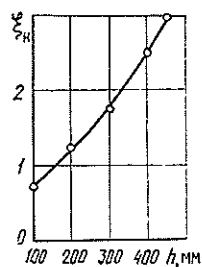


Рис. 3. График наиболее выгодного относительного уклона пил исследованной лесорамы