

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053 : 621.933.6

### О ПРИЧИНАХ ОТКАЗОВ ПИЛЬНЫХ РАМОК ТАРНЫХ ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

Л. А. ШАБАЛИН, В. Ф. ВИНОГРАДОВ, В. И. КИРИЧЕНКО  
А. М. МИНДИЯРОВ

Уральский лесотехнический институт

При эксплуатации тарной лесопильной рамы РТ-36, несмотря на предусмотренные расчетные запасы прочности, наблюдаются недопустимые остаточные прогибы элементов пильных рамок (ПР) и поломки их деталей. Для выяснения причин отказов ПР были проведены экспериментальные исследования ее напряженно-деформированного состояния на лесопильной раме РТ-36.

Основные параметры рамы: ход и частота перемещения ПР — соответственно 210 мм и  $650 \text{ мин}^{-1}$ ; просвет и масса ПР — соответственно 360 мм и 67 кг; максимальное число пил в поставе 16. Материалы деталей ПР: верхней поперечины (ВП) и стоек — сталь 45 ( $\sigma_T = 360$ ,  $\sigma_B = 610$  МПа); нижней поперечины (НП) — сталь 35Л ( $\sigma_T = 280$ ,  $\sigma_B = 500$  МПа). Боковины поперечин швеллерного сечения со сходом их полок в концевых сечениях на нет. Стойки трубчатого сечения с запрессовкой в них и в концевые сечения поперечин цилиндрических цапф. Натяжение пил осуществляется клином.

Напряжения измеряли тензометрическим методом; для этого на поверхности элементов ПР было наклеено 125 тензодатчиков сопротивлением 200 Ом, базой 10 мм. Натяжение пил контролировали также тензодатчиками, наклеенными на пилы по оси верхних захватов и протарированными по нагрузкам до 15 кН. Пилы размещали в ПР симметрично относительно ее оси с минимальным шагом 9 мм. Расстояние между двумя центральными пилами было принято 35 мм.

Напряжения в местах наклейки датчиков определяли: в статике — от натяжения 16 пил и затяжки болтов проушин; в динамике — на холостом режиме работы лесопильной рамы (скорость подачи материала равна нулю) и при пилении сосновых брусков высотой 100 мм с рекомендуемой посылкой 7,4 мм. Усилие натяжения каждой пилы принимали по паспорту рамы, оно составляло 12 кН. Усилие затяжки болтов принимали по условию их прочности равным 24 кН.

Деформации элементов ПР измеряли только от натяжения 16 пил в шести сечениях с помощью индикаторов с точностью до 0,01 мм.

На рис. 1, а, б приведены эпюры напряжений (в МПа) ПР от статических сил — натяжений пил и затяжки болтов проушин. Знак «плюс» на эпюрах означает напряжения растяжения, знак «минус» — сжатия.

От натяжения пил наибольшие напряжения возникают: у ВП — по оси ПР в растянутом и сжатом поясах и в концевых сечениях сжатого пояса; у стоек — в концевых сечениях; у НП — по оси ПР в растянутом поясе. В указанных зонах напряжения от натяжения всех пил рекомендуемым усилием достигают или даже превышают предел текучести материалов. Поэтому при первом нагружении ПР в этих местах происходит упрочнение (заневоливание) материала и в дальнейшем детали работают в упругой области.

Высокий уровень напряжений в поперечинах объясняется не столько малой жесткостью их сечений в направлении действия сил натяжения, сколько тем, что боковины поперечин имеют недостаточную жесткость в горизонтальной плоскости и особенно в концевых сечениях. Сказанное объясняется следующим.

При натяжении пил между клином, опорными поверхностями боковин 1, 2 и надклином 3 возникают силы трения (рис. 2, а):



$f$  — коэффициент трения скольжения;

$\alpha$  — угол наклона клина.

На верхний захват в точке  $A$  действует сдвигающая сила (рис. 2, б)

$$F_A = F_n \operatorname{tg}(\alpha + \rho), \quad (3)$$

которая прижимает его к боковине 2 (где  $\rho$  — угол трения).

Следовательно, в направлении забивки клина на боковины 1 и 2 действуют горизонтальные силы:

$$F_1 = F_{T1}; \quad (4)$$

$$F_2 = F_{T2} + F_A. \quad (5)$$

Эти силы вызывают деформацию боковин в плоскости их наименьшей жесткости, причем в момент силового воздействия  $F_k$  боковина 2 смещается от вертикальной оси сечения на большую величину, чем боковина 1. После снятия нагрузки  $F_k$ , за счет упругих свойств материала, деформации боковин выравниваются и сечения ВП приобретают форму, показанную на рис. 2, г (сечение  $B-B$ ).

У НП нагрузки от захватов пил прикладываются не по центру изгиба сечения боковин (рис. 2, в); в результате при натяжении пил они, изгибаясь, испытывают еще и стесненное кручение, а их поперечные сечения деформируются, как показано на рис. 2, г (сечение  $B-B$ ). У стоек рост напряжений в концевых сечениях вызван расточкой труб под цапфы и недостаточной длиной их запрессовки (см. рис. 1, сечение  $B-B$ ).

При контролируемой затяжке болтов напряжения в проушинах невысокие (см. рис. 1, б). При неконтролируемой затяжке болтов (М16), предельное усилие растяжения которых  $\sim 70$  кН, напряжения в опасных зонах проушин могут также достигать величины, равной пределу текучести материала поперечины.

Несущая способность поперечин, без изменения их геометрических размеров сечений, существенно повысилась при установке на боковины по оси ПР скрепляющих элементов\* (рис. 2, д и е), препятствующих деформации боковин в плоскости их наименьшей жесткости. Исследования показали, что скрепляющие элементы уменьшили максимальные напряжения: на 30 % — в растянутых поясах поперечин по оси ПР; более чем в 3 раза — в сжатом поясе концевых сечений верхней поперечины; на 10 % — в концевых сечениях стоек. В эксплуатации скрепляющие элементы могут быть установлены и не по оси ПР, а в любом свободном для них месте по длине поперечин.

На холостом режиме работы лесорамы и при пилении к статическим напряжениям в элементах ПР от натяжения пил и затяжки проушин добавляют или вычитают напряжения от динамических сил: инерции и резания, реакций ползунов и шатуна. Указанные силы непостоянны, в течение оборота кривошипа достигают экстремальных значений при различных углах его поворота  $\varphi$ .

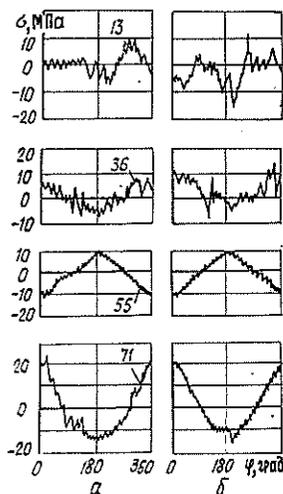


Рис. 3. Графики изменения динамических составляющих напряжений в местах наклепки датчиков (13, 36, 55, 71) на холостом режиме работы (а) и при пилении (б).

\* А. с. 625921 (СССР). Пильная рамка/ Л. А. Шабалин, В. Ф. Виноградов, Е. Г. Кучумов, В. Г. Новоселов.— Оpubл. в Б. И., 1978, № 36.

Поэтому и напряжения от динамических сил для каждой детали имеют свой характер изменения и достигают экстремальных значений также при разных углах  $\varphi$ .

На рис. 3 приведены графики изменения динамических составляющих напряжений в наиболее напряженных зонах при двух режимах работы лесорамы.

Графики сняты с осциллограмм и выше нулевой горизонтали отражают напряжения растяжения, ниже — сжатия. За нуль градусов принята верхняя мертвая точка.

В спектре частот колебаний динамических напряжений преобладает основная частота, равная частоте вращения кривошипа. На основную частоту накладываются высокочастотные колебания напряжений с амплитудой, не превышающей 5 МПа. При этом динамические напряжения при пилении не более чем на 5 % выше напряжений, возникающих на холостом режиме работы.

На рис. 2, в, г приведены эпюры экстремальных значений динамических составляющих напряжений при пилении. Приращение напряжений от динамических нагрузок не превышает 5 % напряжений от статических сил. Зоны с более высокими амплитудами напряжений примерно те же, что и при статическом нагружении.

Установлено значительное увеличение амплитуд напряжений в проушинах с уменьшением усилий затяжки болтов. Так, без затяжки болтов, что имеет место в эксплуатации, напряжения в местах наклейки датчиков (72,75) изменяются с амплитудой до 150 МПа. Такие амплитуды выше предела выносливости материала проушин и могут вызвать их усталостные отказы.

В таблице для наиболее опасных сечений приведены максимальные  $\sigma_{max}$ , минимальные  $\sigma_{min}$ , амплитудные  $\sigma_a$ , средние  $\sigma_m$  значения напряжений, а также запас прочности по статической  $S_T$  и усталостной  $S_\sigma$  несущей способности деталей.

Деталь	Номер датчика	Параметры напряжений, МПа				Запас прочности	
		$\sigma_{max}$	$\sigma_{min}$	$\sigma_a$	$\sigma_m$	$S_T$	$S_\sigma$
Поперечина верхняя	13	—357	—385	14	—371	<1,0	1,4
	82	—383	—397	7	—390	<1,0	1,2
Поперечина нижняя	55	341	319	11	330	<1,0	1,3
	75*	203	159	22	181	1,4	1,9
Стойка	36	—315	—338	11,5	—326,5	<1,0	1,1

Примечание. Звездочкой обозначены напряжения при нормальной затяжке болтов проушины усилием 24 кН.

Данные таблицы свидетельствуют, что для тяжелых режимов работы ПР (максимальное число пил, установленных с минимальным шагом) статическая прочность стоек, боковин поперечин недостаточна и поэтому необходимо повысить их несущую способность. Проушины НП при нормальной затяжке болтов обладают достаточной прочностью.

Для стоек следует уменьшить диаметр расточки  $d$ , увеличить ее глубину до  $1,5d$  и ужесточить требования на перпендикулярность торцевых поверхностей.

По проушинам НП необходимо предусмотреть контроль усилия затяжки болтов, обеспечив их надежное стопорение.

Для поперечин можно рекомендовать два варианта повышения их прочности: увеличить моменты инерции сечений боковин в плоскости их наибольшей и наименьшей жесткости с повышением требований по

качеству литья; применить скрепляющие элементы; во втором варианте масса ПР увеличивается незначительно, а расчетные запасы прочности поперечин выше нижней границы их допускаемых значений.

Поступила 15 июля 1985 г.

УДК 621.935

## К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕРМОКОМПЕНСАЦИОННЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ДЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

М. Ю. ВАРАКИН, В. И. ВЕСЕЛКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для уменьшения влияния неравномерного нагрева на жесткость и устойчивость ленточных пил при распиловке древесины служат термокомпенсационные направляющие [1], оснащенные одной или несколькими фрикционными вставками (рис. 1). При движении пилы происходит трение менее нагретых участков полотна о фрикционные вставки, в результате чего температурный перепад по ширине ленты частично или

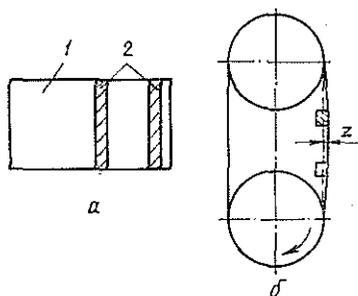


Рис. 1. Устройство (а) и схема расположения на станке (б) термокомпенсационных направляющих для ленточных пил.

1 — фторопластовая накладка;  
2 — фрикционные вставки; z —  
величина выставки направляю-  
щих.

полностью выравнивается. Жесткость и устойчивость полотна при этом повышаются за счет более равномерного его натяжения. Искусственный подогрев пил имеет смысл производить только на рабочем участке (между направляющими), поскольку за время одного цикла движения ленты температура по ее ширине практически выравнивается [3]. Исходя из этого, при установке на станок термокомпенсационных направляющих верхнюю направляющую следует заменить соответствующей ей термокомпенсационной, а нижнюю оставить без изменений.

Нормальная работа термокомпенсационных направляющих зависит, прежде всего, от правильного подбора фрикционных вставок, в качестве которых целесообразно использовать различные асбифрикционные материалы, обладающие высоким коэффициентом трения и хорошей износостойкостью. Поверхность направляющей, контактирующую с полотном ленточной пилы, следует, напротив, изготовлять из материалов с низким коэффициентом трения. Для этих целей наиболее приемлемы фторопласты различных марок.

Методика расчета термокомпенсационных направляющих разработана из условия, что на рабочем участке ленточной пилы в результате искусственного подогрева установлен стационарный тепловой режим. При расчете приняты следующие ограничения: окружающая среда имеет постоянную температуру; коэффициенты теплопроводности и теплоотдачи постоянны для всей поверхности рабочего участка; градиент температуры в поперечном сечении пилы (по толщине) достаточно мал по сравнению с градиентом температуры по ее ширине; количество тепла, образующееся при трении