

В этом случае показатель  $K_c$  характеризует тенденцию изменения стабильности во времени, что позволяет научно обоснованно контролировать качество функционирования ТС по главному критерию.

Обобщая изложенное выше, можно заключить, что в ГОСТ 27.204-83 необходимо внести дополнение, уточняющее определение и оценку стабильности функционирования ТС по параметрам производительности. Это позволит устранить имеющиеся разногласия об оценке стабильности, а главное, сделать стандарт более современным, поскольку может улучшить работу ТС в современных условиях.

С помощью стандарта можно правильно определить главный критерий качества функционирования ТС; наладить научное прогнозирование и контроль реализации прогноза стабильности функционирования ТС; увязать методы оценки качества работы ТС с оценкой и определением аналогичных показателей других критериев, принятых в других ГОСТах по надежности у нас и за рубежом.

По нашему мнению, наиболее точной характеристикой стабильности функционирования ТС по производительности является доверительный интервал значений сменной или часовой производительности. Для текущего контроля и прогнозирования стабильности можно использовать размах значений за контролируемый период. Экономическая выгода этих дополнений состоит в улучшении конечных показателей функционирования технологических линий и производств.

#### *Вывод*

Заданный интервал значений производительности ТС является главным показателем стабильности их функционирования. Абсолютные значения максимальной и минимальной производительности ТС определяются с учетом условий конкретного производства и предприятия.

Поступила 11 июля 1997 г.

УДК 674.053:621.934

#### *С.В. ЕРШОВ*

Архангельский государственный технический университет

Ершов Сергей Викторович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации обработки экономической информации Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных работ в области лесопиления, исследования круглых пил, маркетинга, инновационного менеджмента.



## О ВЛИЯНИИ НЕРАВНОМЕРНОГО НАГРЕВА НА КРИТИЧЕСКУЮ РАДИАЛЬНУЮ СИЛУ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ КРУГЛОЙ ПИЛЫ

С позиции энергетического метода рассмотрено совместное влияние частоты вращения и неравномерного нагрева на критическую радиальную силу круглой пилы; показана возможность ее существенного уменьшения при нагреве периферийной зоны пилы.

In the context of energy method the joint effect of rotation frequency and irregular heating is considered for the critical radial strength of the circular saw. The possibility of its sufficient reduction when heating the peripheral zone of the saw is demonstrated.

Для оценки работоспособности круглой пилы применяют такие параметры, как критическая частота вращения диска, критический температурный перепад по его радиусу, критические значения внешних нагрузок. В работе [2] показано, что теоретически для этой цели можно использовать критическую радиальную силу  $P_R^{kp}$ . Это дает следующие преимущества: если  $P_R^{kp}$  определена с учетом всех внутренних и внешних нагрузок, действующих на пилу, то этого достаточно для оценки работоспособности; значение  $P_R^{kp}$  можно сравнивать с действительным значением радиальной силы и, следовательно, учитывать параметры режима пиления.

При пилении древесины круглая пила подвергается действию тепловой нагрузки. Обычно считают, что на нагрев пилы расходуется 2 ... 3 % мощности резания [4]. Температура на наружном контуре диска, а также закономерность распределения температуры по радиусу зависят от мощности  $Q$ , расходуемой на нагрев, толщины пилы и теплопроводности ее материала, интенсивности теплообмена с окружающей средой, которая в свою очередь связана с частотой вращения  $n$ . С увеличением частоты вращения теплообмен с окружающей средой увеличивается, и поэтому температура на периферии пилы уменьшается. Таким образом, частота вращения может отражаться на  $P_R^{kp}$  как фактор частоты вынужденных колебаний, с одной стороны, и как фактор, влияющий на величину и распределение температуры по радиусу пилы, с другой.

Цель данной статьи – теоретически оценить совместное влияние частоты вращения и неравномерного нагрева круглой пилы на ее критическую радиальную силу.

Воспользуемся вариационным принципом Остроградского – Гамильтона, согласно которому действительное движение системы выделяется из всех допустимых по условию экстремума интеграла

$$S = \int_{t_0}^{t_1} (T - U) dt, \quad (1)$$

где  $T$ ,  $U$  – соответственно кинетическая и потенциальная энергии системы при ее заданных положениях в моменты времени  $t_0$  и  $t_1$ .

В расчетах использована неподвижная система координат  $(r, \psi)$ , в которой пила вращается с угловой скоростью  $\omega$ . Выражение для кинетической энергии приведено в работе [2], для потенциальной, с учетом неравномерного нагрева – в работе [1]. Методы расчета температуры на периферии пилы и закономерности ее распределения по радиусу, позволяющие учитывать влияние частоты вращения на теплообмен с окружающей средой, приведены в работе [3]. Начальное напряженное состояние пилы учитывали по частоте ее собственных колебаний [2].

Представляя деформацию пилы в виде суммы координатных функций с неизвестными коэффициентами  $a_i$ , как это сделано в работе [2], и используя условие экстремума интеграла (1)  $\partial S / \partial a_i = 0$ , получаем систему однородных уравнений, решая которую находим критическую радиальную силу [2]. Из полученных значений  $P_R^{kp}$  нас интересует только наименьшее. Таким образом, варьируя частоту вращения и мощность, расходуемую на нагрев пилы, определяем критическое значение радиальной силы. Мощность, расходуемую на нагрев, можно увязать с мощностью резания, а следовательно, и с параметрами режима пиления.

Влияние вращения и неравномерного нагрева на  $P_R^{kp}$  рассмотрим на примере пилы диаметром 800 мм, толщиной 3,2 мм, установленной в шайбы диаметром 160 мм. Диапазон частот вращения 400 ... 2000  $\text{мин}^{-1}$ . Будем считать, что тепловая нагрузка создается тепловой мощностью  $Q$ , подводимой к внешней кромке пилы. Выбранный диапазон изменения  $Q$  составляет от 0 до 480 Вт, что соответствует мощности резания до 12 кВт.

Как отмечено выше, форма кривой распределения температуры по радиусу пилы и температура на ее периферии зависят от частоты вращения. На рис. 1 приведены расчетные графики для зависимости избыточной температуры  $\Delta T$  от радиальной координаты  $r$  при  $Q = 480$  Вт и различных частотах вращения. Они показывают, что с увеличением частоты вращения температура в средней части пилы убывает быстрее, чем на периферии.

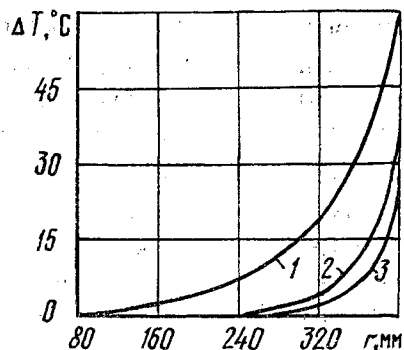


Рис. 1. Распределение температуры по радиусу пилы при разной частоте вращения: 1 –  $n = 400 \text{ мин}^{-1}$ ; 2 –  $1200$ ; 3 –  $2000 \text{ мин}^{-1}$

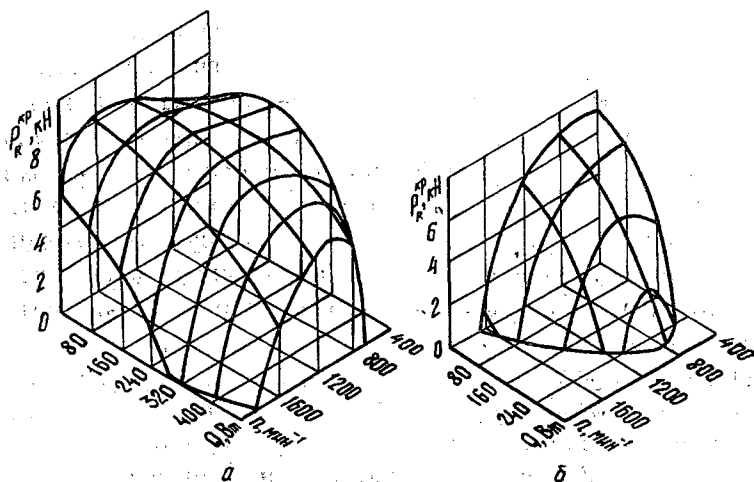


Рис. 2. Влияние нагрева периферийной зоны вращающейся пилы на критическую радиальную силу: *а* – пила без начальных напряжений; *б* – пила прокована до критического состояния

Это объясняется расширением зоны турбулентного движения воздуха в приграничном к пиле слое.

Влияние частоты вращения и подводимой к периферии пилы тепловой мощности на критическое значение ее радиальной силы показывает рис. 2. Если пила не имеет начальных напряжений, нагрев ее периферии уменьшает  $P_R^{kp}$ . Увеличение частоты вращения (в диапазоне низких частот) приводит к росту  $P_R^{kp}$ , что связано с интенсивной теплоотдачей пилы, так как расширяется зона турбулентного режима в пограничном слое воздуха и повышается коэффициент теплоотдачи.

Ненагретая прокованная до критического состояния пила при низких частотах вращения имеет меньшие значения  $P_R^{kp}$ , чем непрокованная. При увеличении частоты вращения  $P_R^{kp}$  сначала возрастает, а затем уменьшается. При низких частотах вращения (до  $1200 \text{ мин}^{-1}$ ) нагрев пилы сначала приводит к увеличению  $P_R^{kp}$ , а потом к ее уменьшению. В диапазоне высоких частот нагрев пилы только снижает  $P_R^{kp}$ . Такое поведение пилы объясняется ослаблением ее центральной зоны проковкой.

Критическая тепловая мощность, подводимая к периферии пилы, зависит от частоты вращения и графически отражается линией пересечения поверхности  $P_R^{kp} = f(Q, n)$  и плоскости  $Q, n$ . При этих значениях тепловой мощности и соответствующих частотах вращения пила теряет способность сопротивляться действию радиальной силы. Каждой паре значений  $Q$  и  $n$  соответствует свое распределение температуры по радиусу пилы, поэтому говорить о критическом температурном перепаде по радиусу пилы не имеет смысла.

Новые зависимости, полученные выше, можно использовать для оценки работоспособности круглых дереворежущих пил и выбора режимов пиления при разработке новых и эксплуатации существующих станков. Следует заметить, что значение коэффициента теплоотдачи нуждается в уточнении в связи со специфическими особенностями работы круглой пилы (наличие распиливаемого материала и элементов станка, затрудняющих циркуляцию воздуха и теплоотдачу).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ершов С.В. Влияние неравномерного нагрева на изгибную жесткость и устойчивость вращающихся круглых пил // Лесн. журн. - 1993. - № 1. - С. 69-76. - (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Ершов С.В. Влияние частоты вращения на критическую радиальную силу круглой пилы // Лесн. журн. - 1998. - № 6. - С. 69-74. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ершов С.В. О распределении температуры по радиусу круглой пилы // Лесн. журн. - 1992. - № 1992. - С. 72-78. - (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами / Ю.М. Стахийев, В.Д. Дунаев, М.Л. Короткова и др. - Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. - 74 с. [5]. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 384 с.

Поступила 7 июня 1996 г.