

импортного производства (увеличен ~ 20 %). Из этого можно сделать вывод, что ножи соответствуют эксплуатационным требованиям и могут быть рекомендованы для использования на деревообрабатывающих предприятиях, использующих подобную технологию переработки древесины хвойных пород.

Библиографический список

1. Wood chip physical quality definition and measurement / F. Ding, M. Benaoudia, P. Bédard [ect] // Pulp & Paper Canada. – 2005. – № 106:2. – Pp. 27–32.
2. Боровиков, Е. М. Лесопиление на агрегатном оборудовании / Е. М. Боровиков, В. В. Фефилов, Л. А. Шестаков. – Москва : Лесная пром-сть, 1985. – 216 с.
3. Раповец, В. В. Конструкция и расчеты фрезерно-брусующих станков / В. В. Раповец, С. А. Гриневич, Н. В. Бурносков. – Минск : БГТУ, 2015. – 82 с.
4. Kurzydłowski Glow discharge assisted low-temperature nitriding of knives used in wood processing / J. Sokołowska, E. Rudnicki, P. Wnukowski [ect] // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. – 2009. – Vol. 37. – Pp. 690–693.
5. Таратин, В. В. Совершенствование малоножевых торцово-конических фрез агрегатного лесопильного оборудования / В. В. Таратин, Л. А. Фефилов, Ю. А. Боричев // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств : Межвузовский сборник научных трудов СПбЛТА. – СПб. – 1993. – С. 93–97.
6. Раповец, В. В. Комплексная обработка древесины фрезами со спиральным расположением сборных двухлезвийных ножей, обеспечивающая качество продукции и снижение энергозатрат : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Раповец Вячеслав Валерьевич. – Минск, 2011. – 206 с.
7. Клепацкий, И. К. Эффективные методы повышения технологической стойкости ножей для агрегатной переработки древесины / И. К. Клепацкий // Труды БГТУ. – 2018. – № 1 (204). – Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – С. 190–195.
8. Повышение эксплуатационных свойств дереворежущих ножей комбинированным методом нанесения вакуумных упрочняющих покрытий и магнитно-импульсной обработки / А. В. Алифанов [и др.] // Литье и металлургия. – 2014. – № 2. – С. 95–100.
9. Клепацкий, И. К. Динамика потери режущей способности лезвий малоножевых фрез при агрегатной переработке древесины / И. К. Клепацкий // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2019. – № 2 (216). – С. 190–195.

УДК 674.053

А. С. Красиков

(A. S. Krasikov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: krasikovas@m.usfeu.ru

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КРУГЛЫХ ПИЛ

INCREASE STABILITY OF ROUND SAWS

Рассмотрены факторы, влияющие на устойчивость дисков круглых пил. Наибольшее влияние на устойчивость и работоспособность пил оказывает неравномерный нагрев по радиусу диска. Даются рекомендации по охлаждению пил водо-воздушной смесью.

Factors affecting the stability of circular saw blades are considered. Uneven heating along the radius of the disk has the greatest impact on the stability and performance of saws. Recommendations are given on cooling the saws with a water-air mixture.

На качественные и экономические показатели распиловки решающее влияние оказывает устойчивость дисков круглых пил. В результате действия сил, возникающих в системе «станок – пила – древесина», пила может отклониться в сторону, что приведет к снижению качества и точности выпиливаемых пиломатериалов и к увеличению потерь древесины.

Устойчивость круглой пилы – это обобщающий показатель, который характеризует способность пильного диска противостоять воздействию внешних возмущающих факторов и сохранять плоскостность. На устойчивость пильных дисков оказывают влияние геометрические размеры, условия закрепления, свойства материала, а также факторы, влияющие на его напряженное состояние: технология изготовления, подготовка к работе, центробежные силы инерции, силы резания, неравномерный нагрев и другие.

Наибольшее влияние на устойчивость диска пилы в работе оказывает его нагрев. Напряжения, связанные с нагревом, самые большие в напряженном состоянии пильного диска. Нагрев пил происходит в результате трения упруго деформированных волокон древесины и трения стружки по поверхностям зубьев пилы и стенкам пропила.

Тепло от нагретого зуба за счет теплопроводности передается диску пилы. Экспериментальные исследования тепловых полей дисков пил показали, что нагревается в основном периферийная зона диска. Центральная зона остаётся холодной и может нагреться только на несколько градусов от пильного вала в результате тепла, выделяемого в подшипниках. Температурный перепад по радиусу диска пилы может достигать 30 °С и выше в зависимости от размеров пилы и мощности резания.

Экспериментальными исследованиями [1] доказано, что температура нагрева пилы на окружности впадин зубьев прямо пропорциональна мощности резания. На нагрев диска пилы (без зубчатого венца) идет 2–6 % мощности резания в зависимости от диаметра диска, его толщины, числа и формы зубьев.

Характер распределения температуры по радиусу диска близок к экспоненциальному, быстро падает в направлении от пазухи зуба к центру. Температурный перепад по радиусу уменьшается с увеличением толщины диска, коэффициента теплопроводности материала диска и коэффициента теплоотдачи от диска в окружающую среду.

Экспоненциальный закон распределения температуры по радиусу диска может быть несколько нарушен за счет трения диска пилы о стенки пропила и направляющие. Оказывает сильное влияние на тепловое поле диска пилы и охлаждение его струёй воды или водо-воздушной смеси.

Когда температура диска резко падает от пазух зубьев к центру, в узкой кольцевой зоне на периферии создаются большие тангенциальные напряжения сжатия, а в центральной зоне – напряжения-растяжения. В результате этого частоты собственных колебаний диска с двумя и тремя узловыми диаметрами падают и возникают условия для резонанса, совпадения частот собственных колебаний диска с частотой вращения. Такие частоты и температурные перепады их вызвавшие, называют критическими: пила теряет плоскую форму равновесия. Любая неподвижная в пространстве сила в таких условиях способна возбудить в диске резонансные колебания.

В результате резонансных колебаний диска с узловыми диаметрами поверхность пилы касается стенок пропила в местах с наибольшей амплитудой и на поверхности пилы. За счет трения и нагрева образуются прижоги синего цвета, пила выходит из строя и требует замены и ремонта.

Для стабильной работы дисковых пил напряжения от неравномерного нагрева диска по радиусу должны быть ликвидированы или уменьшены за счет охлаждения периферийной зоны либо за счет создания напряжений обратного знака проковкой или вальцеванием диска, когда на периферии образуются напряжения растяжения, а в центральной зоне – напряжения сжатия.

Для охлаждения периферийной зоны пилы используют направленную струю воды или водо-воздушной смеси. Эффективность охлаждения диска пилы водой и водо-воздушной смесью по сравнению с естественным охлаждением диска, вращающегося на спокойном воздухе, исследована нами на экспериментальной установке [2]. Нагрев зубьев пильного диска диаметром 500 мм и толщиной 2,2 мм, вращающегося со скоростью 1 910 об/мин, осуществлялся токами высокой частоты. За счет теплопроводности тепло передавалось от зубьев к пильному диску так же, как и в реальных условиях пиления.

Температурное поле вращающегося пильного диска измерялось термопарами, припаянными к диску пилы (рис. 1). Термопары включались по дифференциальной схеме, термопара в центральной зоне являлась «общей». Таким образом, измерялся перепад температур между точками, в которых припаяны термопары, и точкой, в которой припаяна «общая» термопара. Термопары образованы за счет спая копелевого провода с материалом диска (сталь 9ХФ).

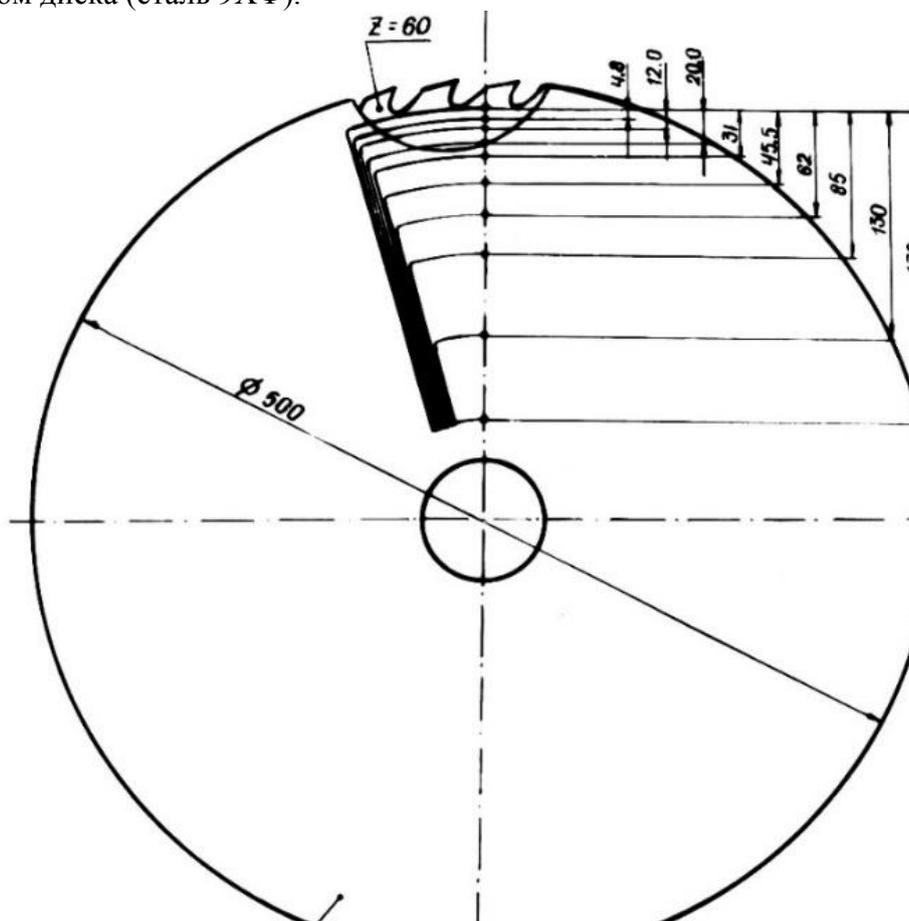


Рис. 1. Схема размещения термопар по радиусу пилы

Исследовалась эффективность охлаждения пилы струей воздуха под давлением, водо-воздушной смесью и водой по сравнению с пилой, вращающейся на спокойном воздухе. В каждом исследовании мощность нагрева устанавливалась такой, чтобы температурный перепад между точкой на радиусе пазухи зуба и «общей» точкой вблизи

зажимных шайб была равна 71,5 °С. После этого включалась подача воздуха, воды или водо-воздушной смеси, и диск охлаждался до установившейся температуры и записывалась температура в каждой точке по радиусу диска.

Воздух, вода или водо-воздушная смесь подавались на пильный диск под давлением 3,5 ати через сопла диаметром 1,35 мм с расстояния 10 мм от диска в точку на расстоянии 2 мм от пазухи зуба к центру пилы с обеих сторон диска. Оптимальное положение сопла было экспериментально определено предварительной серией исследований. Полученные результаты представлены в таблице и на рисунке 2.

Результаты исследований

Вид охлаждения	Температурный перепад в точках на расстоянии от пазухи зуба l , мм								
	0	4,8	12	20	31	45,5	62	85	130
Без охлаждения	71,5	61	45,9	32,5	20,7	12	6,6	3,1	0,7
Струя воздуха, давление 3,5 ати	65,5	55,5	41,3	29,3	18,7	10,6	5,75	2,65	0,6
Водо-воздушная смесь, 4,5 кг/ч	13,4	10,6	6,5	3,5	1,7	0,6	0,2	0,1	0,2
Водо-воздушная смесь, 18 кг/ч	10,5	8,5	5,8	3,2	1,35	0,45	0,2	0,1	0,4
Вода, 18 кг/ч	11,9	11,1	10,3	7	3,8	1,15	0,6	0,1	0,2

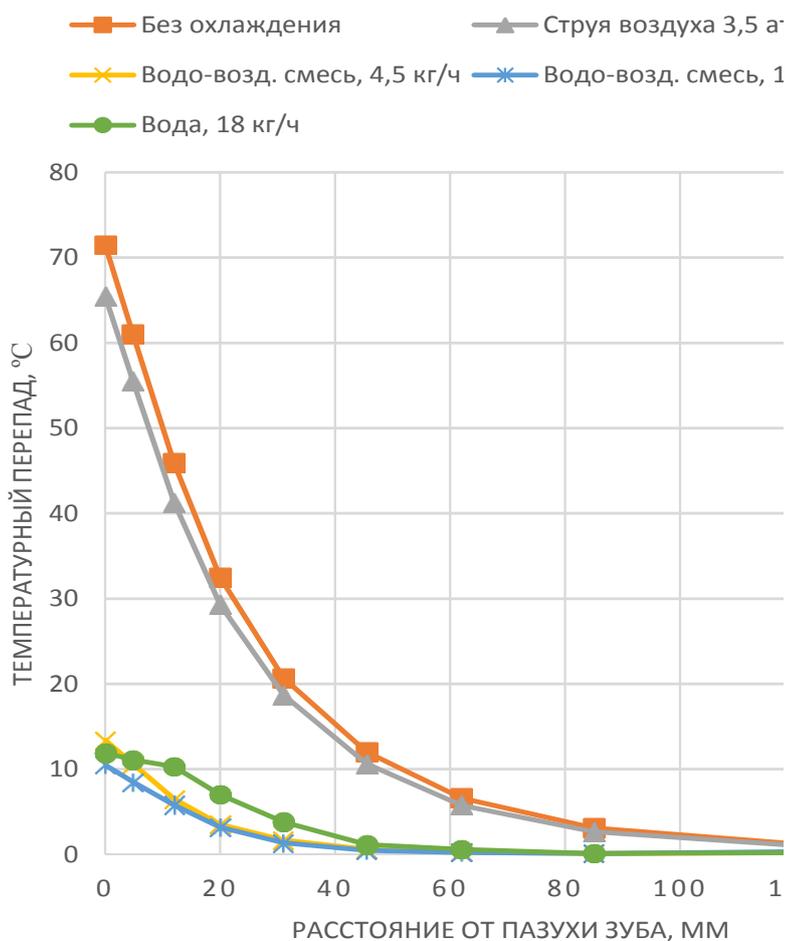


Рис. 2. Изменение температурного перепада по радиусу диска пилы

Результаты исследований показывают, что охлаждение диска пилы струей сжатого воздуха неэффективно, снижение температурного перепада по радиусу диска пилы

незначительно. Охлаждение пилы струей водо-воздушной смеси или воды (расход воды – 4,5 и 18 кг/ч) дают близкие результаты и снижают температурный перепад по радиусу диска примерно в 6 раз – до приемлемых значений, не вызывающих резонанса, и дают потери от работы пилой плоской формы равновесия в самых тяжелых условиях работы.

Предпочтение следует отдавать охлаждению пил водо-воздушной смесью, так как расход воды снижается в 4 раза по сравнению с охлаждением водой. Это может иметь значение при работе зимой. При распиловке бруса высотой 150 мм при ширине пропила 4 мм со скоростью 20 м/мин и расходе воды 5 кг/ч на пилу влажность опила увеличится всего на 1,5 %.

И даже такое незначительное увеличение влажности опила можно сократить внедрением несложной автоматики, которая будет регулировать содержание воды в водо-воздушной смеси в зависимости от мощности резания, прямо влияющей на нагрев пильного диска.

Библиографический список

1. Стахийев, Ю. М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил / Ю. М. Стахийев. – Москва : Лесная промышленность, 1977. – 296 с.
2. Красиков, А. С. Экспериментальная установка для исследования тепловых полей и коэффициентов теплоотдачи вращающихся охлаждаемых дисков пил / А. С. Красиков // Вопросы резания, надежности и долговечности дереворежущих инструментов и машин : Межвузовский сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1979. – Вып. 5. – С. 55–57.

УДК 674.053:621.933.6

В. М. Кириченко, С. Н. Исаков, В. Г. Новоселов
(V. M. Kirichenko, S. N. Isakov, V. G. Novoselov)
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
E-mail для связи с авторами: kvmek@mail.ru

МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ РАСЧЕТ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИЛЬНОЙ РАМКИ ТАРНОЙ ЛЕСОПИЛЬНОЙ РАМЫ РТ-40

MULTIDISCIPLINARY CALCULATION OF DEFORMED STATE OF SAW FRAME ELEMENTS OF CONTAINER SAWMILL FRAME RT-40

Классические методы расчета не дают адекватного описания деформированного состояния элементов пильной рамки тарной лесопильной рамы РТ-40. Сделано предположение о деформации натяжного клина, приводящей к «выпучиванию» боковин поперечин. Использование мультидисциплинарных методов позволило подтвердить эту гипотезу.

Classical calculation methods do not adequately describe the deformed state of the saw frame elements of the container sawmill frame RT-40. An assumption was made about the deformation of the tension wedge, which leads to the "bulging" of the side bars. The use of multidisciplinary methods has confirmed this hypothesis.

Экспериментальными исследованиями [1] установлено сложное деформированное состояние боковин поперечин пильной рамки тарной лесопильной рамы РТ-40 с