

УДК 674

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КРУГЛЫХ ПИЛ, ОСНОВАННЫХ НА ТЕРМОМЕТРИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ

Мелконов Г.Л., Никитченко И.В.

METHOD FORECASTING PERFORMANCE OF ROUND SAWS ON THE BASIS OF THERMOMETER CONTROL

Melkonov H.L., Nikitchenko I.V.

В статье приведены результаты исследований одного из опытов натурного эксперимента, проведенного в производственных условиях. Предложен метод прогнозирования работоспособности круглых пил, основанный на использовании инфракрасного радиационного пирометра. Сделан краткий анализ исследований в данной области. Сделаны выводы о прогнозировании работоспособности круглых пил на основе термометрического контроля.

Ключевые слова: температурный контроль; диск пилы; инфракрасный пирометр; режущий инструмент; зона нагрева.

1. Введение. Деревообрабатывающий инструмент в процессе работы, как и любой другой, подвергается тепловому воздействию, возникающему в результате действия сил трения при резании материала. Особенность круглых пил является в том, что среди многочисленных влияющих на работоспособность факторов, весьма значительное влияние оказывают величина и распределение нагрева корпуса пилы [6]. Неравномерный нагрев при определенных параметрах может привести к нарушению плоского состояния вращающегося диска, в следствие чего происходит нарушение функционирования круглопильного станка [8], т.е. можно говорить о возникновении механического отказа оборудования. Такое явление наиболее часто происходит при продольной распиловке древесины.

2. Анализ последних исследований и публикаций. Пиление древесины круглыми (дисковыми) пилами – самый распространенный процесс механической технологии, отличающийся большим разнообразием конструкций и технологических схем станков. Простота устройства станков, относительно низкая стоимость и высокая производительность способствуют их использованию на всех раскроечных операциях

первичной и вторичной обработки древесины. При вращательном главном движении скорость резания круглопильных станков достигает 100 м/с, а скорость подачи – 150 м/мин. Несмотря на преимущества, круглопильные станки имеют серьезный недостаток, который относится к трудности создания требуемой устойчивости пилы в пропиле. Круглая пила надевается на пильный вал посадочным отверстием и зажимается на валу двумя зажимными фланцами и гайкой. При таком креплении относительно тонкий диск большого диаметра имеет только одну опору в центре пилы и работает со значительными нагрузками не всегда находящимися в плоскости диска. Жесткость его при этом не всегда оказывается достаточной: диск отклоняется от плоскости вращения, нагревается, зарезает в пропиле в бок, касаясь его стенок, и теряет свою рабочую устойчивость. Все это приводит к браку при распиловке и частым остановкам станка. Для повышения поперечной жесткости пилы приходится использовать более толстые диски, а это приводит к увеличению выхода опилок, к снижению полезного выхода пиломатериалов.

Основной задачей термометрического метода является изучение начального теплового поля заготовки и закономерностей его изменения в процессе закачки теплоносителя. Главным объектом термометрических исследований на этапе ведения процесса воздействия на заготовку и последующего заводнения является искусственно созданное тепловое поле, которое после прекращения закачки теплоносителя постепенно нивелируется, распределяется, поэтому тепловое поле в очаге воздействия необходимо регистрировать как во время процесса, так и сразу после прекращения закачки тепла [2].

По применению термометрического метода к изучению реакций образования соединений

выполнено большое количество работ, при этом часто для получения данных, по которым строили кривые хода реакции, применяли только термометр. Многие из изученных комплексных соединений не имеют прямого отношения к аналитическим методам, но такой метод широко применяется в изучении хода химических реакций. Правда, большинство исследований касается неорганических комплексных соединений, образование комплексных соединений органических веществ этим методом почти не изучалось [1].

3. Материалы и результаты исследования.

С целью возможного предотвращения «зарезания» и «горения» круглых пил авторами была сформулирована исследовательская задача – установить возможность и условия прогнозирования нагрева в процессе распиловки.

Устанавливая возможность прогнозирования момента возникновения отказа, необходимо учитывать следующие условия [1]:

1. установлен параметр прогнозирования (ПП);
2. имеется возможность периодического или непрерывного контроля ПП;
3. известен критерий предельного состояния.

В качестве параметра прогнозирования принимаем величину температурного перепада (ДУ), суть которого заключается в разности температур наружной кольцевой зоны пильного диска, прилегающей к окружности межзубовых впадин (T_H) и температуры средней кольцевой части диска, прилегающей к внешней окружности зажимных фланцев (T_B). При условии $T_H > T_B$ – перепад считается положительным, и наоборот. Отметим, что оба вида температурных перепадов возможны при различных обстоятельствах, но наиболее опасным и меньшим допустимым значением обладает положительный, нежели отрицательный перепад. В связи, с чем этому виду уделяется большее внимание.

Параметр ДУ является косвенным технологическим, изменяющимся в результате изменения прямых параметров T_H и T_B .

Температуру указанных кольцевых зон пильного диска предлагается определять инфракрасными радиационными пирометрами. Так как процесс пиления является скоротечным (продолжительность непрерывного пиления, из-за высоких скоростей резания и подачи, не превышает 1–2 минут), контроль следует проводить посекундным.

Критерием предельного состояния является величина допустимого температурного перепада. Для пил, работающих без принудительного охлаждения

$$\Delta T_{Доп} = 12,3 \cdot 10^6 \cdot \frac{n^2 \cdot D \cdot S}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot 24 \cdot 2 \cdot 3} = A \cdot N_{рез} \quad (1)$$

где K_T – коэффициент, учитывающий долю мощности резания, расходуемой на нагрев диска пилы (без зубьев);

$N_{рез}$ – мощность резания на одну пилу, кВт;
 D и S – диаметр и толщина пильного диска, мм;
 n – частота вращения пильного вала, мин⁻¹.

Далее выбирался метод прогнозирования. Принимая во внимание различие свойств распиливаемых материалов даже в одной размерно-качественной группе, возможные значительные отклонения ПП в общие моменты процесса пиления, динамичность процесса и невозможность получения полной и достоверной статистической информации, в качестве метода прогнозирования использовано прогнозирование по реализации изменения параметра [5].

При прогнозировании по реализации принимают, что изменение ПП конкретного объекта характеризуется экстраполяционной функцией и средним квадратическим отклонением этой функции от фактического изменения ПП. Каждому изменению параметра соответствует остаточный ресурс. То есть в рассматриваемом случае остаточный ресурс допустимого температурного перепада в i -й момент времени:

$$\Delta T_{Доп}^{ост} t = \Delta T_{Доп} - (T_H t - T_B t) \quad (2)$$

Дальнейшие действия рассмотрим на примере выполнения и обработки результатов одного из опытов натурного эксперимента, проведенного в реальных производственных условиях.

Производилось продольное пиление березовых необрезных пиломатериалов, длиной 6 м и толщиной 50 мм, на круглопильном станке ЦДК-4-2. Скорость подачи составляла 18 м/мин. Режущим инструментом (объектом исследования) была пила с твердосплавными напайками фирмы «Paritet» 400×36×50. Температура T_H определялась инфракрасным пирометром «Condrol 2 IT» с точностью 0,2 °С. Температура T_B в течении опыта не изменялась и была равна температуре окружающего воздуха в цехе 23 °С. Продолжительность пиления составила 20 с. Параметры ПП и первичной обработки опыта представлены в табл. 1.

Расчетная величина $\Delta T_{Доп}$ с учетом того, что установленная мощность электродвигателя пильного механизма ЦДК-4-2 10 кВт, КПД передачи 90 % и частота вращения пильного вала 2940 мин⁻¹ [5], по формуле 1 составила 34,97 °С и принята в дальнейшем 35 °С.

Период наработки на отказ (интервал корреляции) принимаем последние десять секунд. Рассчитываем среднюю скорость изменения ПП – $V_{Тср}$, которая составила 0,6 °С/сек. Среднеквадратичное отклонение скорости σ и коэффициент вариации скорости изменения ПП V соответственно равны 0,39 и 0,65. Верхняя и нижняя доверительные границы скорости изменения ПП определяются по формуле:

$$V_T^{(0)} = V_{TФ} \pm U_\gamma \cdot \sigma / \sqrt{n} \quad (3)$$

где: (U_γ – квантиль нормального распределения, при доверительной вероятности $y = 0,95$, равно 1,65).

Расчет показывает $V_T^{(0)} = 0,8$ и $V_T^{(0)} = 0,4$ °C/сек. Из дальнейшего рассмотрения исключаем нижнее значение, так как верхнее значение скорее приближает момент отказа.

Далее проводим аппроксимацию функции $T_H(t)$. Учитывая, что исследуемая зависимость в интервале $|t_{11}; t_{20}|$ непрерывно и монотонно возрастает (коэффициент корреляции $r=0,98$), рассчитаем коэффициенты линейного и

степенного уравнений регрессии [4]. Значения $T_H(t)$ представлены в табл. 2.

Период прогноза определен исходя из условия, что $t_{п}$ следует принимать не более 1/2 периода контрольной наработки $t_{к}$ (рис. 1). Период прогнозирования размером в 5 секунд с уверенностью можно считать достаточным, чтобы после получения информации о возникновении возможного отказа ($\Delta T_{ост} \leq 0$) предпринять управляющие воздействия для его предотвращения.

Таблица 1

Результаты наблюдений и обработки

Время t , сек	Температура T_H , °C	Перепад ΔT , °C	Скорость V_T , °C/сек	Остаточный ресурс $\Delta T_{ост}$, °C
1	27,0	4,0	//	31,0
2	27,0	4,0	//	31,0
3	27,6	4,6	//	30,4
4	28,2	5,2	//	29,8
5	29,0	6,0	//	29,0
6	30,8	7,8	//	27,2
7	33,2	10,2	//	24,8
8	34,0	11,0	//	24,0
9	35,0	12,0	//	23,0
10	35,4	12,4	//	22,6
11	35,6	12,6	0,2	22,4
12	36,0	13,0	0,4	22,0
13	36,6	13,6	0,6	21,4
14	38,4	15,4	1,8	19,6
15	38,8	15,8	0,4	19,2
16	39,0	16,0	0,2	19,0
17	39,6	16,6	0,6	18,4
18	41,0	18,0	1,4	17,0
19	41,2	18,2	0,2	16,8
20	41,4	18,4	0,2	16,6

Таблица 2

Результаты прогнозирования остаточного ресурса $\Delta T_{ост}$

Время t , сек	$T_H(t) = 35,69 \cdot e^{0,0726t}$		$T_H(t) = 0,69t + 34,95$	
	(Ряд 2)		(Ряд 3)	
	Температура T_H , °C	$\Delta T_{ост}$	Температура T_H , °C	$\Delta T_{ост}$
20	41,0	17,0	41,8	16,2
21	41,3	16,7	42,6	15,4
22	41,6	16,4	43,2	14,8
23	41,8	16,2	43,9	14,1
24	42,0	16,0	44,6	13,4
25	42,2	15,8	45,3	12,7

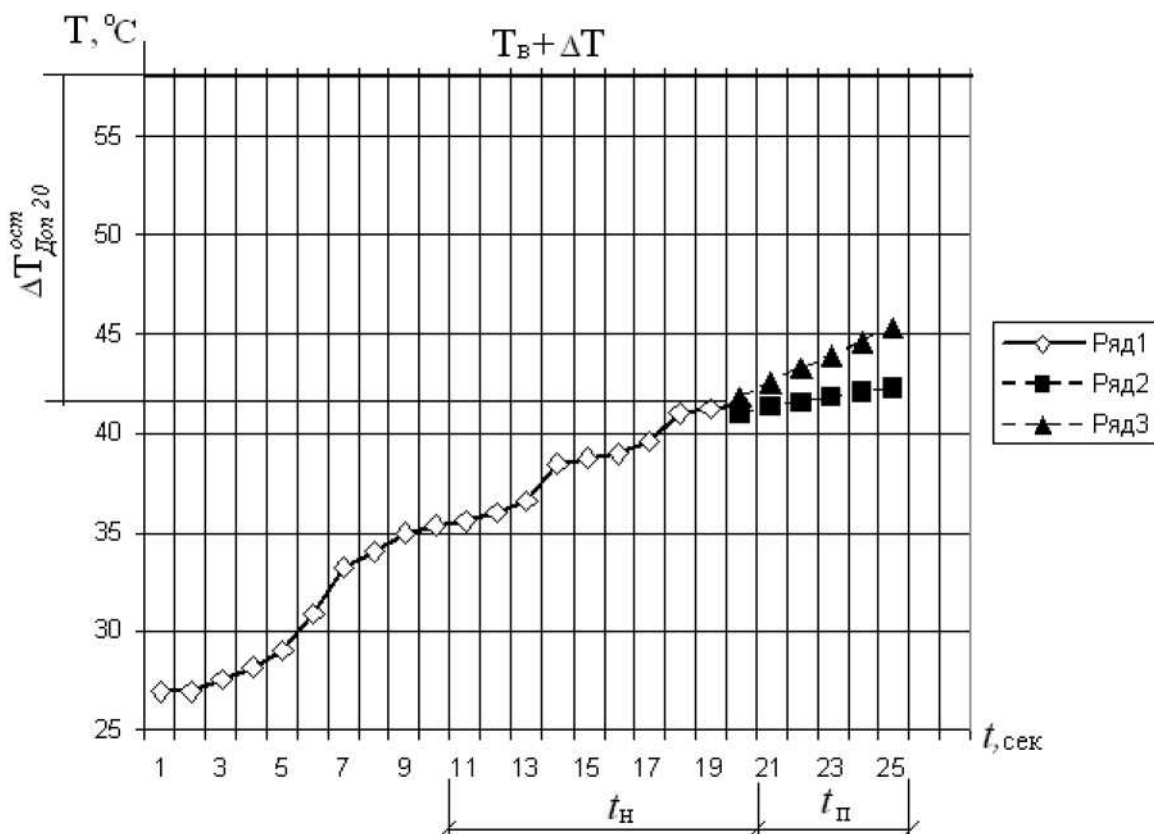


Рис. 1 Зависимость нагрева от времени пиления:
ряд 1 – фактические значения; ряды 2 и 3 – прогнозируемые

4. Выводы. В ходе выполнения исследование в данной области, можно сделать вывод о том, что прогнозирование на основании термометрического контроля работоспособности круглых пил с использованием термометрического контроля возможно при условии определения метода и условий прогнозирования. Предложенная методика возможна для внедрения в процессы автоматизированного контроля работы круглопильных станков для продольной распиловки древесных материалов. Это будет способствовать лучшей эффективности процессов лесопиления, что в последствии улучшит качество производимых изделий, уменьшит энерго затратность и приведёт к экономической выгоде предприятия

Л и т е р а т у р а

1. Барлак Л.С. Термометрическое титрование М.: 1973. – 144 с.
2. Кудинов В.И. Совершенствование тепловых методов разработки месторождений высоковязких нефтей М.: 1996. – 285 с.
3. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин. М.: Колос, 1976. — 288 с.
4. Пижурин А.А., Розенбит М.С. Исследования процессов деревообработки. М.: Лесная промышленность, 1984. — 232 с.
5. РД 26.260.004-91. Прогнозирование остаточного

ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации: методические указания. – Введ. 01.01. 1992. М.: Химнефтемаш, 1991. – 96 с.

6. Санев В.И. Обработка древесины круглыми пилами. М.: Лесная промышленность, 1980. – 232 с.
7. Станок прирезной с гусеничной подачей ЦДК-4-2: Руководство по эксплуатации / Тюменский станкостроительный завод. – Тюмень: Обл. типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Тюменского облисполкома, 1972. – 32 с.
8. Стахийев Ю.М. Работоспособность круглых пил. М.: Лесная промышленность, 1989. – 384 с.
9. Стахийев Ю.М., Пашков В.К. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами. Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. – 74 с.

References

1. Barlak L.S. Termometrisheskoe titrovaniye M.: 1973. – 144 s.
2. Kudinov V.I. Sovershenstvovaniye teplovyih metodov razrabotki mestorozhdeniy vyisokovyazkih neftey M.: 1996. – 285 s. Vorozhchov N. N. Osnovy sinteza promezhutochnykh produktov i krasitelej / Nikolaj Nikolaevich Vorozhchov. – M. : Goshimizdat, 1955. – 839 s.
3. Mihlin V.M. Prognozirovaniye tehnikeskogo sostoyaniya mashin. M.: Kolos, 1976. — 288 s.

4. Pizhurin A.A., Rozenblit M.S. Issledovaniya protsessov derevoobrabotki. M.: Lesnaya promyshlennost, 1984. – 232 s.
5. RD 26.260.004-91. Prognozirovanie ostatochnogo resursa oborudovaniya po izmeneniyu parametrov ego tehniceskogo sostoyaniya pri ekspluatatsii: metodicheskie ukazaniya. – Vved. 01.01. 1992. M.: Himneftemash, 1991. – 96 s.
6. Sanev V.I. Obrabotka drevesinyi kruglyimi pilami. M.: Lesnaya promyshlennost, 1980. – 232 s.
7. Stanok prireznoy s gusenichnoy podachey TsDK-4-2: Rukovodstvo po ekspluatatsii / Tyumenskiy stankostroitelnyiy zavod. – Tyumen: Obl. tipografiya upravleniya izdatelstv, poligrafii i knizhnoy trgovli Tyumenskogo oblispolkoma, 1972. – 32 s.
8. Stahiev Yu.M. Rabotosposobnost kruglyih pil. M.: Lesnaya promyshlennost, 1989. – 384 s.
9. Stahiev Yu.M., Pashkov V.K. Rukovodyaschie tehnicheknie materialyi po opredeleniyu rezhimov pileniya drevesinyi kruglyimi pilami. Arhangelsk: TsNIIMOD, 1988. – 74 s.

Мелконов Г.Л., Нікітченко І.В. Метод прогнозування працездатності круглих пил заснованих на термометричному контролі

У статті приведені результати досліджень одного з дослідів натурного експерименту, проведеного в виробничих умовах. Запропоновано метод прогнозування працездатності круглих пилок, заснований на використанні інфрачервоного радіаційного пірометра. Зроблено короткий аналіз досліджень в даній області. Зроблено висновки про прогнозування працездатності круглих пилок на основі термометрического контролю.

Ключові слова: температурний контроль; диск пилки; інфрачервоний пірометр; ріжучий інструмент; зона нагріву.

Melkonov H.L., Nikitchenko I.V. Method forecasting performance of round saws on the basis of thermometer control

In article results research of one of the tests of full-scale experiment conducted in a production environment. A method for predicting performance circular saw blades based on the use of the infrared radiation thermometer. A brief analysis of the research in this area. The conclusions about the forecasting performance circular saw blades based on thermometric control.

Keywords: temperature control; saw blade; the infrared thermometer; cutting tool; heated zone.

Мелконов Григорій Леонідович – к.т.н., доц., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк).
g_melkonov@mail.ru

Нікітченко Інна Вікторівна – старший викладач кафедри електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк).
inna_mia_ig@mail.ru

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 19.09.2016