

УДК 621.824.32:621.4

Д.А. Новиков

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрен подход к повышению энергетической эффективности процесса шлифования шеек коленчатых валов при ремонте двигателей.

Ключевые слова: энергия, технология, шлифование, КПД, удельная работа, коленчатый вал.

В настоящее время Правительство Российской Федерации уделяет большое внимание использованию в промышленности, сельском хозяйстве и ЖКХ энергосберегающих технологий [1; 2], поэтому повышение энергетической эффективности шлифования коленчатых валов при ремонте двигателей является актуальной задачей.

Для оценки энергетической эффективности абразивной обработки металлических материалов используется термодинамический критерий – КПД процесса шлифования [3; 4], который показывает относительную величину энергии, расходуемой на разрушение поверхностного слоя детали. КПД процесса шлифования определяется соотношением

$$\eta_{\text{ш}} = \frac{\Delta U_{\text{э}}}{\omega_{\text{ш}}} = \frac{\Delta U_{\text{э}} \dot{V}_{\text{ш}}}{\omega_{\text{ш}} \dot{V}_{\text{ш}}} = \frac{\dot{U}_{\text{э}}}{\dot{w}_{\text{ш}}} \cdot 100\%,$$

где  $\Delta U_{\text{э}}$  – плотность упругой энергии дефектов, накопленных в процессе шлифования поверхностным слоем;  $\omega_{\text{ш}}$  – удельная работа;  $\dot{V}_{\text{ш}}$  – производительность процесса шлифования;  $\dot{U}_{\text{э}}$  – скорость накопления упругой энергии дефектов;  $\dot{w}_{\text{ш}}$  – мощность процесса шлифования.

На основе КПД ( $\eta_{\text{ш}}$ ) была предложена формула, связывающая  $\eta_{\text{ш}}$  с производительностью  $\dot{V}_{\text{ш}}$  и мощностью шлифования  $\dot{w}_{\text{ш}}$  [3; 4], которая записывается в виде

$$\dot{V}_{\text{ш}} = \frac{\eta_{\text{ш}} \cdot \dot{w}_{\text{ш}}}{\Delta U_{\text{э}}} = \frac{\eta_{\text{ш}} \cdot \dot{w}_{\text{ш}}}{u_{\text{э}} - u_{\text{э0}} - u_{\text{Т0}}} \text{ мм}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где  $\Delta U^*$  – критическая величина изменения плотности внутренней энергии в срезаемом объеме материала;  $U^*$  – критическое значение плотности внутренней энергии материала, равное энтальпии плавления  $H_s$ ;  $U_{\text{э0}}$  – начальный уровень упругой энергии дефектов;  $U_{\text{Т0}}$  – начальный уровень тепловой составляющей внутренней энергии.

Анализ формулы (1) показал, что с увеличением КПД при постоянной мощности растёт производительность, что определяет уменьшение удельной работы  $\omega_{\text{ш}}$ . При постоянной производительности с ростом КПД уменьшается мощность обработки, что также ведет к уменьшению удельной работы  $\omega_{\text{ш}}$  шлифования.

Для прогнозирования максимального значения КПД и соответственно минимальных энергетических затрат при шлифовании шеек коленчатых валов необходимо получить обобщенную формулу, описывающую взаимосвязь КПД с технологическими условиями обработки (режимы шлифования и правки абразивного круга, тип абразивного инструмента, тип СОТС).

Для решения данной задачи были проведены экспериментальные исследования шлифования образцов диаметром  $\varnothing 70$  мм из стали 45 (ГОСТ 1050-88) твердостью HV 6900 МПа на круглошлифовальном станке 3М150.

В результате математической обработки экспериментальных данных получена эмпирическая зависимость КПД от технологических условий обработки:

$$\eta_{\text{ш}} = 561403,5 \dot{V}_{\text{ш}}^{0,11} V_{\text{к}}^{0,27} e^{0,34 b_{\text{к}}} e^{0,015 d_3} HV_0^{-1,4} (-0,0015 T_{\text{к}}^2 + 0,0077 T_{\text{к}} + 3,16) s_{\text{ш.п}}^{0,33} s_{\text{п.ш.п}}^{0,56} K_{\text{с}} \quad (2)$$

где  $V_k$  – скорость абразивного круга;  $h_k$  – твёрдость абразивного круга;  $d_3$  – размер абразивных зерен;  $T_k$  – стойкость абразивного круга;  $S_{пр.п}$ ,  $S_{поп.п}$  – продольная и поперечная подачи при правке абразивного круга алмазным карандашом.

На основе полученной эмпирической формулы (2) разработана программа для ПЭВМ. Блок-схема алгоритма оптимизации технологических условий процесса шлифования шеек коленчатых валов в ремонтный размер с целью получения максимального значения КПД и соответственно минимальной удельной работы представлена на рисунке.

Для программирования расчёта оптимальных технологических условий обработки в программе реализован алгоритм узлов прямоугольной сетки. Для уменьшения объёма перебора вариантов в алгоритм введена предварительная сортировка параметров  $g_{ki}$  по характеру влияния на вектор  $\eta_{ш\ max}$  [5; 6].

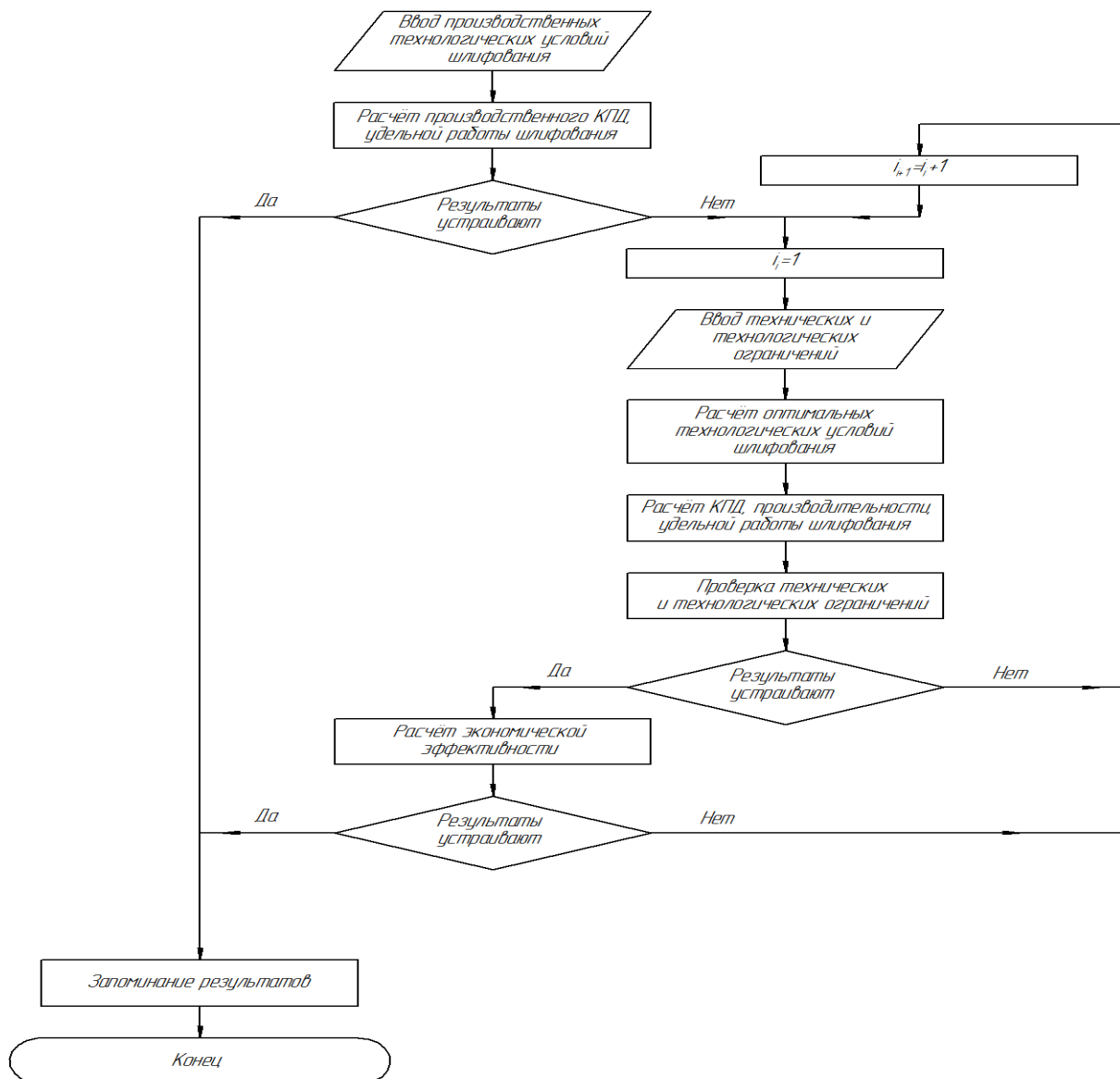


Рис. Блок-схема алгоритма прогнозирования энергосберегающей технологии шлифования шеек коленчатых валов в ремонтный размер

Частота сетки  $n_{ki}$  для каждого параметра  $g_{ki}$  назначается в зависимости от класса этого параметра и задаваемого в исходной информации уровня дробности  $d_{др}$ . В данной программе реализовано четыре уровня дробности.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований были использованы для разработки энергосберегающей технологии шлифования шеек коленчатых валов при ремонте двигателей марки Д-240 на фирме «Руно». Следует отметить, что вопрос повышения производительности на производстве не ставился.

Производственные и предлагаемые к внедрению технологические условия операции чернового шлифования шеек коленчатого вала приведены в таблице.

Таблица

Производственные и предлагаемые к внедрению технологические условия операции чернового шлифования шеек коленчатых валов

Черновое шлифование	Технологические условия					Рассчитанные величины			
	Тип СОТС	$S_{\text{поп. п.}}$ , мм/ход	$S_{\text{пр. п.}}$ , мм/об	$V_k$ , м/с	Марка абразивного круга	$\dot{V}_{\text{ш.}}$ , мм <sup>3</sup> /с	$\dot{W}_{\text{ш.}}$ , Вт	$\omega_{\text{ш.}}$ , Дж/мм <sup>3</sup>	$\eta_{\text{ш.}}$ , %
На производстве	Эмульсия	0,01	0,1	35	34А32СТ15К3	28,3	2362	84,32	3,2
Для внедрения	ЭПРОМ	0,02	0,2	35	34А32С15К3	28,3	890	31,5	9,6

Анализ данных, приведенных в таблице, показал, что предлагаемые условия позволяют при постоянной производительности повысить КПД процесса шлифования в 3 раза (с 3,2 до 9,6 %) и снизить удельную работу в 2,8 раза (с 84,3 до 31,5 Дж/мм<sup>3</sup>). Повышение эффективности и снижение энергетических затрат при шлифовании шеек коленчатого вала достигаются путем изменения характеристики круга, увеличения режимов алмазной правки, а также замены эмульсии более современным СОТС – ЭПРОМ.

Экономический эффект от внедрения предлагаемых технологических условий в производство составит 372 р. при шлифовании одной шейки коленчатого вала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ №588 от 15 июня 1998 г. «О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России».
2. Постановление Правительства РФ №1225 от 31.12.09 «О программах в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».
3. Коршунов, В.Я. Термодинамический метод прогнозирования рациональных условий эксплуатации алмазно-абразивного инструмента / В.Я. Коршунов, В.Н. Подураев, В.В. Федоров // Изв. вузов. Машиностроение. – 1981. – № 2. – С. 120 – 121.
4. Коршунов, В.Я. Оптимизация технологических условий абразивной обработки по КПД / В.Я. Коршунов // Станки и инструмент. – 1990. – №5. – С. 17 – 20.
5. Якобс, Г.Ю. Оптимизация резания / Г.Ю. Якобс, Э. Якоб, Д. Кохан. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
6. Реклейтис, Г. Оптимизация в технике / Г. Реклейтис, А. Рейвиндер, К. Регсдел. – М.: Мир, 1986. – 346 с.

Материал поступил в редколлегию 9.01.15.