

**Bibliography (transliterated):**

1. Postnikov, Ju. V. Prileps'kij, V. I. Doroshko, V. S. Verbovs'kij, Z. I. Krasnokuts'ka // Zb. nauk. prac' DonIzt UkrDAZT. - Donec'k: DonIzt, 2012 – №31. - S. 158-167. 2. Adrov D.S. Teplovoj akumuljator jak zasib pidvishennja efektivnosti pusku stacionarnogo dviguna v umovah niz'kih temperatur / Adrov D.S., Gricuk I.V., Prileps'kij Ju.V., Doroshko V.I. // Zb. nauk. prac' DonIzt UkrDAZT. - Donec'k: DonIzt, 2011 – №27. - S. 117-126. 3. Gricuk I.V. Vpliv parametriv i rezhimiv roboti sistemi kombinovanogo progrivu na palivnu ekonomichnist' i ekologichni pokazniki dviguna vnutrishn'ogo zgorannja / I.V.Gricuk, O.S. Dobrovols'kij, D.S. Adrov // Visnik SevNTU. Zbirnik nauk. prac'. Vipusk 134/2012. Serija: Mashinopriladobuvannja ta transport. - Sevastopol': SevNTU, 2012 - Vipusk 134/2012. – S.172-175. 4. Gricuk I.V. Vpliv sistemi kombinovanogo progrivu na palivnu ekonomichnist' i ekologichni pokazniki dviguna vnutrishn'ogo zgorannja / I.V. Gricuk, D.S. Adrov // Systemy i šrodky transportu samochodowego. Vybrane zagadnienia. Monografia nr.3. Seria:Transport. - Rzeszow. -2012, c. 133-136. 5. KIA CEE'D. Rukovodstvo po remontu avtomobilej KIA CEE'D // M. Izdatel'stvo Morozova, 568s. 6. Gricuk I.V. Osoblivosti roboti sistemi kombinovanogo progrivu DVZ u skladi intelektual'nogo informacijno-programnogo kompleksu / I.V.Gricuk, P.B.Komov // Zbirnik naukovih prac' Nacional'nogo universitetu

korablebuduvannja. - Mikolaiv: NUK im. Makarova, 2013– Vipusk №2.– S. 72-77. 7. Gutarevich Ju.F. Obruntuvannja strukturi vimirjuval'nogo kompleksu dlja doslidzhennja roboti dviguna vnutrishn'ogo zgorannja transportnogo zasobu z sistemoju progrivu j teplovim akumuljatorom v procesi pusku i progrivu / Ju.F. Gutarevich, I.V. Gricuk, D.S. Adrov, A.P. Komov, D.M. Trifonov // Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu «HPI». Zbirnik naukovih prac'. Serija: Avtomobile- ta traktorobuduvannja. – H. : NTU «HPI». – 2014. – № 10 (1053). – S.55-62. 8. Volkov V.P. Integracija tehničeskoj jekspluataciji avtomobilej v strukturu i processy intelektual'nyh transportnyh sistem / V.P. Volkov, V.P. Matejchik, O.Ja. Nikonov, P.B. Komov, I.V.Gricuk, Ju.V. Volkov, E.A. Komov // Donec'k: Izd-vo «Noulidzh» (Doneckoe otdelenie). 2013. – 398s. 9. Volkov V.P. Osoblivosti informacijnogo obminu v procesi distancijnogo upravlinnja robotozdatnistju transportnih zasobiv / V.P. Volkov, V.P. Matejchik, P.B. Komov, I.V. Gricuk, A.P. Komov // Visnik Nacional'nogo transportnogo universitetu. – K.: NTU, 2014. – Vipusk 29. – S. 63-74. 10. Matejchik V.P. Osoblivosti monitoringu stanu transportnih zasobiv z vikoristannjam bortovih diagnostičnih kompleksiv / V.P. Matejchik, V.P. Volkov, P.B. Komov, I.V. Gricuk, A.P. Komov, Ju.V. Volkov // Upravlinnja proektami, sistemnij analiz i logistika. – K.: NTU, 2014. – Vip. 13. – S. 126-138.

Надійшла до редакції 29.05.2014

**Гутаревич Юрій Феодосійович** – доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувачий кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна, e-mail: yugutarevich@gmail.com.

**Грицук Ігор Валерійович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Рухомий склад залізниць» Донецький інститут залізничного транспорту УкрДАЗТ, Донецьк, Україна, e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net.

**ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОГРЕВА ТРАНСПОРТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛООВОГО АККУМУЛЯТОРА С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ**

*Ю.Ф. Гутаревич, И.В. Грицук*

В статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований системы прогрева транспортного двигателя с использованием теплового аккумулятора с фазовым переходом. Для регистрации параметров автомобильного двигателя использовалась интеллектуальная система мониторинга параметров рабочих процессов. Результаты оценки эффективности применения системы прогрева подтвердили улучшение топливной экономичности и временных показателей при работе автомобильного двигателя.

**RESEARCH OF COMBINED HEATING SYSTEM IN TRANSPORT VEHICLE ENGINE WHEN USING A THERMAL BATTERY WITH PHASE TRANSITIONS**

*Y.F. Gutarevich, I.V. Grytsuk*

The article discusses the results of experimental studies of warm vehicle engine with a thermal battery with a phase transition. For registration parameters of the engine used intelligent system monitoring workflow settings. Efficacy results confirmed the application of warm improved fuel economy and performance when using temporary car engine.

УДК 620.179.112:621.43

**В. Г. Заренбин, Н.И. Мищенко, В.В. Богомолов**

**РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУР ПРИ МНОЖЕСТВЕННОМ КОНТАКТЕ В УСЛОВИЯХ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ТРЕНИЯ**

*Предложен метод расчета максимальной температуры при множественном контакте в условиях неустановившихся режимов трения с учетом приведенных теплофизических характеристик. Для нахождения температуры вспышки использован метод суперпозиций. Приведены зависимости температурной вспышки от числа циклов нагружения и относительной площади контакта. С помощью предложенного расчета были оценены значения рассматриваемых величин температур для трибосопряжения гильза цилиндра - поршневое кольцо быстроходного дизеля, которое, как известно, в значительной степени лимитирует работоспособность двигателя.*

**Проблема.** Повышению задиристости рабочих поверхностей трения машин и узлов уделяют

значительное внимание как при проектировании и изготовлении, так и при эксплуатации машин. По-

этому обеспечение работоспособности трибосопряжений в диапазоне рабочих режимов машин является одним из важнейших условий при выборе основных форм и размеров деталей, их общей конструктивной компоновки, а также режимов их работы и смазки. Отсюда необходимость расчета допускаемых нагрузок с учетом температур, возникающих на микроконтакте сопряженных поверхностей. Исходя из этого проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований температур на контакте пар трения с последующим уточнением теплового расчета на заедание трибосопряжений остается актуальной теоретической и прикладной задачей.

Максимальная температура в трибосопряжении поршневое кольцо (ПК) – гильза цилиндра (ГЦ) ДВС при неустановившихся режимах трения на скользящем контакте зависит от температурной вспышки на неровностях поверхностей. Ее оценки известны уже давно [1,2]. Немногочисленные эксперименты по непосредственному измерению величин вспышек температуры приведены в работах [1,3]. Температура определялась путем подключения измерительной аппаратуры к естественной термопаре. Так, в работе [3] температура вспышки определялась в паре трения: неподвижная игла из хромеля – полированная пластина из алюминия, которая двигалась возвратно-поступательно без смазки. Однако естественные термопары неприменимы для большинства материалов трибосопряжений и микроконтактов со смазкой, кроме того остается открытым вопрос определения погрешности замера температуры.

Проведение экспериментов по определению температур на поверхностях трения сопряжено с определенными трудностями, поэтому большинство существующих работ посвящено теоретическим исследованиям с использованием различных моделей контактного взаимодействия поверхностей. В теории трения принята сферическая модель контакта, где обычно рассматривается модель, когда единичный микровыступ сферической формы скользит по гладкой поверхности в условиях трения со смазкой или без нее, т.е. без учета особенностей контактного взаимодействия шероховатых тел. В действительности, как известно, область контактного взаимодействия дискретна, состоит из множества пятен фактического контакта, характеризующегося средним диаметром пятна контакта, средним радиусом скругления вершин и средним расстоянием между пятнами контакта [1,4]. Важным свойством дискретности фрикционного контакта является то, что при скольжении неровность испытывает циклическое воздействие со стороны неровностей контртела и на их поверхностях воз-

никают температурные вспышки длительностью от  $10^{-9}$  до  $10^{-2}$  с.

Модели множественного контакта использованы в работах [1-3], но в них не рассмотрено трение при неустановившихся режимах и с изменением теплофизических характеристик поверхностей от времени.

Приведенные решения задачи при наличии конвективного теплообмена и нестационарности тепловых потоков, распределенных между микровыступами, имеют громоздкий вид и требуют применения специально разработанных приближенных методов расчета [3].

Так как точность экспериментального определения основных параметров профиля микрогеометрии поверхности, например, радиуса закругления вершин микровыступов и диаметра фрикционного пятна контакта, невысока, для инженерных задач подобные усложнения не оправданы.

**Цель работы.** Предложить метод расчета температурной вспышки при множественном контакте в условиях неустановившихся режимов трения, а также применить его для решения конкретной задачи в трибосопряжении гильза цилиндра – поршневое кольцо двигателя внутреннего сгорания.

**Основной материал.** Рассмотрена модель контактного взаимодействия шероховатых поверхностей, когда сферический микровыступ одной поверхности скользит относительно микровыступа другой, причем оба контактирующие тела покрыты адсорбированными пленками общей толщиной  $\delta_m$ . На фактическом пятне касания со средним диаметром  $d_c$  генерируется тепловой поток постоянной интенсивности  $q_k$  длительностью  $\tau_k$ , равной отношению среднего диаметра  $d_c$  к скорости скольжения  $V$ . В промежутке между двумя последовательными контактами микронеровности охлаждаются за время, равное отношению среднего расстояния между неровностями  $s_c$  к скорости скольжения  $V$ . Температура вспышки в конце  $(j-1)$  цикла нагружения  $t_{j-1}$  принимается равной начальной температуре для последующего  $j$ -го цикла.

Влияние граничной смазки учитывалось благодаря использованию в расчете приведенных коэффициентов температуропроводности  $a_{пр}$  и теплопроводности  $\lambda_{пр}$  с учетом эффективной глубины проникновения тепла за время действия источника тепла [1].

Для нахождения температуры вспышки использован метод суперпозиции, т.е. общее решение задачи представлено в виде суммы решения элементарных задач при условии, что алгебраическая сумма граничных условий (ГУ) в этих задачах в любой момент времени должна равняться ГУ ос-

новной задачи в каждой точке поверхности [5].

На рис.1 приведена тепловая схема замещения при двухконтактном взаимодействии неровностей и изменении во времени теплофизических характеристик.

Температура вспышки движущейся неровности после первого цикла взаимодействия составит

$$t_1 = \frac{\alpha_{тп} q_k d_c}{2} \left[ \frac{\theta(Fo1) - \theta(Fo2)}{\lambda_{пр1}} + \frac{\theta(Fo3) - \theta(Fo4)}{\lambda_{пр3}} \right] \quad (1)$$

где  $\theta(Fo) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{2\sqrt{Fo}} \operatorname{erf}^2\left(\frac{1}{u}\right) du$ ,  $\theta(Fo1)$ ,  $\theta(Fo2)$ ,  $\theta(Fo3)$ ,

$\theta(Fo4)$  – функции при значениях  $Fo = a_{пр} \tau / d_c^2$ , соответственно для промежутков времени  $(\tau_n + \tau)$ ,  $(\tau_n + \tau - \tau_k)$ ,  $(\tau_n + \tau - \tau_n)$ ,  $(\tau_n + \tau) - (\tau_n + \tau_k)$ ;

$a_{пр}$ ;  $\lambda_{пр}$  – приведенные коэффициенты теплопроводности и теплопроводности за время действия источника, соответствующего Fo1 и Fo3 [5];  $\alpha_{тп}$  – коэффициент распределения тепловых потоков, найденный из условия равенства максималь-

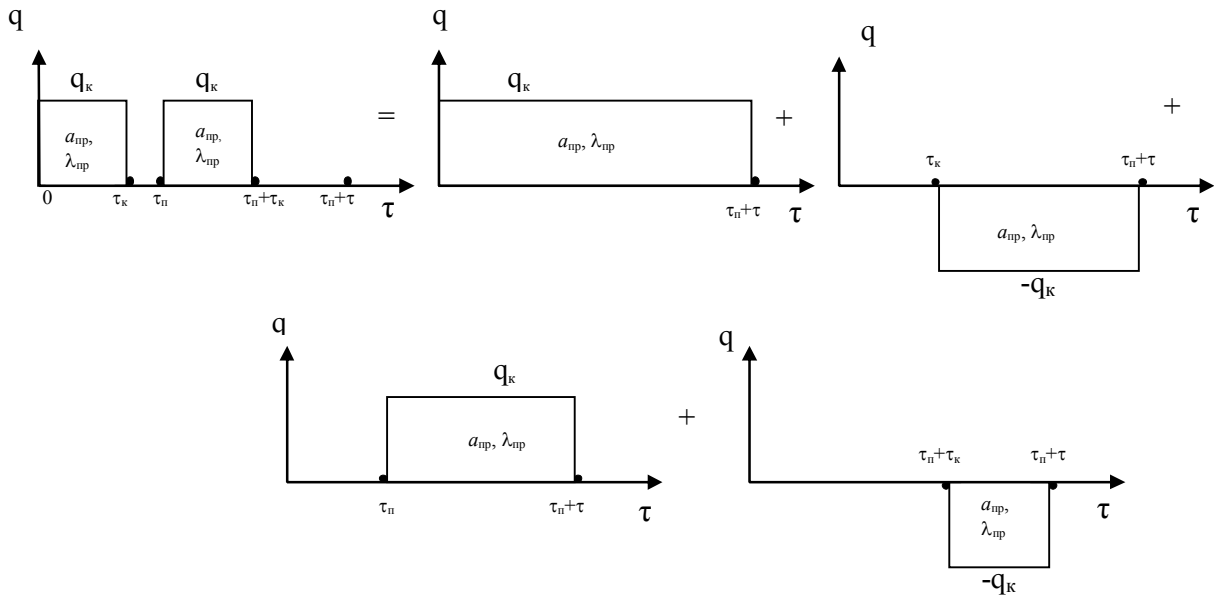


Рис. 1. Тепловая схема замещения двухконтактного взаимодействия неровностей

$$t_{j,max} = t_{minj} + \frac{2\alpha_{тп} q_k}{\lambda_M} \sqrt{\frac{\alpha_M \tau_M}{\pi}} \quad (5)$$

При малых значениях критерия Фурье ( $Fo < 0,1$ ) формулу (4) можно упростить

$$t_{j,min} = \frac{2q_k}{\sqrt{\pi}} \sum_{j=1}^N \alpha_{тп,j} \left[ \frac{\sqrt{a_{пр,j} \cdot j \tau_n} - \sqrt{a_{пр,j} (j \tau_n - \tau_k)}}{\lambda_{пр,j}} \right],$$

когда  $\lambda_{пр,j} = \lambda_n$ ;  $a_{пр,j} = a_n$ :

$$t_{j,min} = \frac{2\alpha_{тп} q_k}{\lambda_n} \left( \frac{a_n}{\pi} \right)^{0,5} \sum_{j=1}^N \left( \sqrt{j \tau_n} - \sqrt{j \tau_n - \tau_k} \right),$$

ных или средних поверхностных температур контактирующих неровностей [1].

Температура вспышки в конце первого цикла нагружения ( $\tau=0$ ) будет:

$$t_{1,min} = \frac{\alpha_{тп} q_k d_c}{2\lambda_{пр1}} [\theta(Fo1) - \theta(Fo2)] \quad (2)$$

Максимальная температура при втором нагружении достигается при  $\tau = \tau_m = \delta_m^2 / (3\alpha_m)$ ,  $\alpha_m$  – коэффициент температуропроводности масляной пленки:

$$t_{1,max} = t_{1,min} + \frac{2\alpha_{тп} q_k}{\lambda_M} \sqrt{\frac{\alpha_M \lambda_M}{\pi}} \quad (3)$$

После N циклов нагружения:

$$t_{j,min} = \frac{q_k d_c}{2} \sum_{j=1}^N \frac{\alpha_{тп,j}}{\lambda_{пр,j}} [\theta(Fo1_j) - \theta(Fo2_j)] \quad (4)$$

что совпадает с выражением, приведенном в работе [2].

На рис. 2 показано изменение максимальной  $t_{max}$  и минимальной  $t_{min}$  температур вспышки неровности с ростом числа циклов нагружения N при  $\lambda_n = 70$  Вт/(мК),  $\lambda_m = 0,14$  Вт/(мК),  $a_n = 2,18 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с,  $a_m = 8,64 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>/с,  $q_k = 1,49 \cdot 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>,  $d_c = 20 \cdot 10^{-6}$  м,  $\delta_m = 0,1 \cdot 10^{-6}$  м,  $\tau_k = 3,93 \cdot 10^{-7}$  с,  $\alpha_{тп} = 0,5$  и двух значениях отношения

$$\bar{\tau} = \tau_n / \tau_k. \quad (6)$$

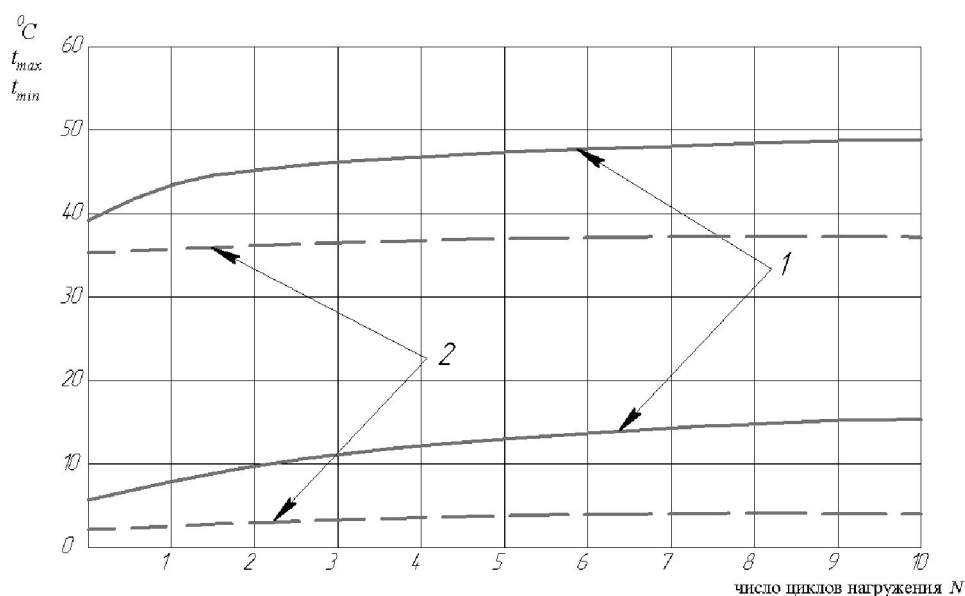


Рис.2. Изменение максимальной  $t_{max}$  и минимальной  $t_{min}$  температуры вспышки от числа циклов нагружения  $N$  при различных значениях отношения  $\bar{\tau}$  :

\_\_\_\_\_  $t_{max}$  , - - - -  $t_{min}$ ; 1 -  $\bar{\tau} = 1,5$ ; 2 -  $\bar{\tau} = 5,0$

Можно сделать выводы, что для  $\bar{\tau}=1,5$  и времени охлаждения  $(\tau_n - \tau_k)=1,96 \cdot 10^{-7}$ с стабилизация температур вспышки достигается к десятому циклу нагружения при  $t_{max} = 48$  и  $t_{min}=16^\circ\text{C}$ . Увеличение отношения  $\bar{\tau}$  от 1,5 до 5 приводит к снижению температур вспышки соответственно до 36 и  $3^\circ\text{C}$ .

На рис. 3 показано изменение максимальной  $t_{max}$  и минимальной  $t_{min}$  температуры вспышки от отношения  $\bar{\tau} = \tau_n / \tau_k$  при числе циклов нагружения  $N = 10$ .

Таким образом, для выбранных условий трения при  $\bar{\tau} \geq 5$  температуры вспышки можно принять равными температурам после первого цикла нагружения.

С помощью предложенного расчета были оце-

нены значения рассматриваемых величин температур для трибосопряжения ГЦ – ПК. Расчет выполнен для быстроходного дизеля при следующих основных исходных данных:

диаметр цилиндра и ход поршня – 0,12 м,  
 высота поршневого кольца –  $3 \cdot 10^{-3}$  м,  
 частота вращения коленчатого вала – 2600 мин<sup>-1</sup>,  
 поверхностная температура поршневого кольца  $t_n=160^\circ\text{C}$ ,  $R_{max,пк}=1,6 \cdot 10^{-6}$  м,  $R_{max,гц}=1,44 \cdot 10^{-6}$  м,  
 $r_{пк}=270 \cdot 10^{-6}$  м,  $r_{гц}=1000 \cdot 10^{-6}$  м,  $\nu_{пк}=1,6$ ,  $\nu_{гц}=2$ ,  
 $\epsilon_{пк}=2,16$ ,  $\epsilon_{гц}=2,37$ ,  $\delta_m = 0,1 \cdot 10^{-6}$  м при угле поворота коленвала -  $\phi=370^\circ$  п.к.в. Относительная площадь контакта  $\bar{A} = 0,1$  и 0,9.

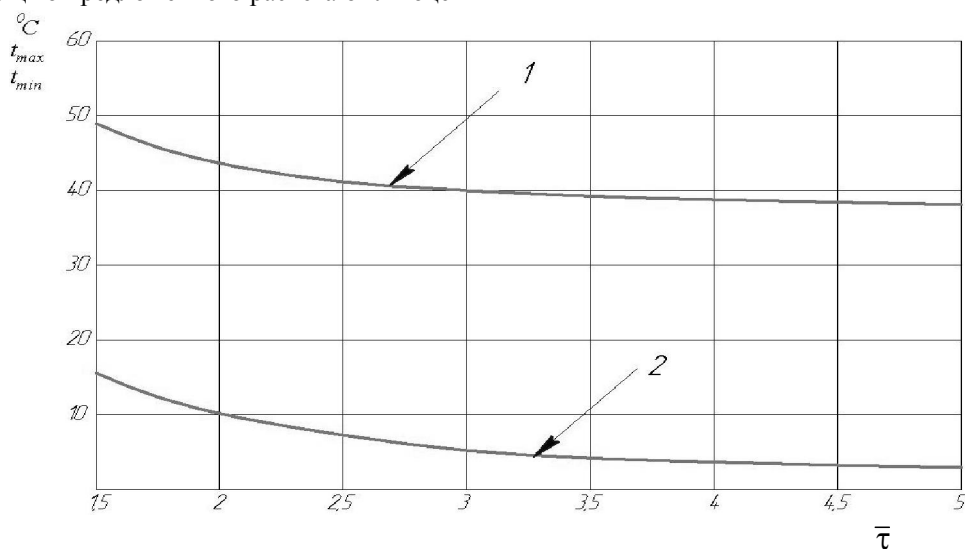


Рис.3. Изменение максимальной  $t_{max}$  и минимальной  $t_{min}$  температуры вспышки от отношения  $\bar{\tau} = \tau_n / \tau_k$  при числе циклов нагружения  $N = 10$  : 1 -  $t_{max}$ , 2 -  $t_{min}$ .

Остальные величины, а также формулы для определения  $q_k$  и  $d_{cp}$  взяты из работы [6].

Значение отношения среднего расстояния между пятнами контакта  $s$  к среднему диаметру пятна контакта  $d_c$ , т.е.  $\bar{s} = s / d_{cp} = \bar{\tau}$  находим как [7]:

$$\bar{\tau} = \frac{\sqrt{2\pi} \cdot \Delta^{\frac{v}{4v+2}}}{2 \cdot \left( \frac{2\sqrt{\pi}}{kv} \cdot p_c \cdot \Theta \right)^{\frac{v}{2v+1}}},$$

где  $\Delta$  - комплексная характеристика шероховатостей пары гильза цилиндра - поршневое кольцо;  $\Theta$ ,  $v$  - упругая постоянная материалов и параметр опорной кривой для случая контакта гладкой и шероховатой поверхностей;  $p_c$  - контурное давление,  $k_v = f(\Gamma_{гц}, \Gamma_{пк})$ ;  $\Gamma$  - гамма функция.

Для  $\bar{A} = 0,1$  и  $0,9$  определено  $\bar{\tau}_{0,1} = 5,5$  и  $\bar{\tau}_{0,9} = 14,5$ .

Тогда соответствующие значения  $\tau_k$  из формулы  $\tau_k = d_c / V$ , будут  $3,4 \cdot 10^{-6}$  и  $2,6 \cdot 10^{-6}$  с. Используя выражение (6) и формулы (4), (5) после первого цикла нагружения, имеем:

$$t_{\max, 0,1} = 236^\circ\text{C}, \quad t_{\max, 0,9} = 218^\circ\text{C}, \\ t_{\min, 0,1} = 160,6^\circ\text{C}, \quad t_{\min, 0,9} = 160,1^\circ\text{C}.$$

Следовательно, при данных параметрах нагрузки и условий трения диапазон изменения максимальных температур неровностей не зависит от числа циклов нагружений, т.к. значения  $t_{\min}$  и  $t_n$  практически совпадают. Это объясняется тем, что время охлаждения неровности достаточно для достижения исходной начальной температуры  $t_n$  перед последующими циклами нагружения.

#### Выводы

Предложен метод расчета максимальной температуры при множественном контакте с учетом приведенных теплофизических характеристик в условиях неустановившихся режимов трения.

Приведены зависимости диапазона температурной вспышки от числа циклов нагружения и относительной площади контакта.

Приведен пример расчета температур вспышки при множественном контакте для пары трения гильза цилиндра - поршневое кольцо быстроходного дизеля.

#### Список литературы:

1. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) [Текст] / А.В.Чичинадзе, Э.М.Берлинер, Э.Д.Браун и др. под общ.ред. А.В.Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 2003. – 576 с.
2. Мышкин Н.К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии. [Текст] / Н.К.Мышкин, М.И.Петроковец – М. : ФИЗМАГЛИТ, 2007. – 368 с.
3. Ковальчик Ю.И. Теоретическое и экспериментальное исследование температуры вспышек [Текст] / Ю.И.Ковальчик // Вісник Харківського національного університету. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». - 2008. - №833. - С. 140-148.
4. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. [Текст] : в 2-х кн. / Под ред.. И.В.Крагельского, В.В.Алисуна. – М.: Машиностроение, 1978. – кн.1, 1978. – 400 с.
5. Пехович А.И. Расчеты теплового режима твердых тел [Текст] / А.И.Пехович, В.М.Жидких – Л.: Энергия, 1976. – 352 с.
6. К расчету контактных температур при трении деталей двигателей внутреннего сгорания. [Текст] / В.Г.Заренбин // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. –2009. - №1. - С.11-14.
7. Оценка среднего расстояния между пятнами контакта в паре трения гильза цилиндра-поршневое кольцо двигателя внутреннего сгорания. [Текст] / В.Г.Заренбин, Г.Г.Карасев // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. –2009. - №10. - С.21-25.
8. К расчету на заедание деталей ЦПГ ДВС [Текст] / В.Г.Заренбин, Н.И.Мищенко, В.В.Богомолов // Двигуни внутрішнього згорання. - 2013. - №2. - С.37-41.

#### Bibliography (transliterated):

1. Trenije, iznos i smazka (tribologija i tribotehnika) [Tekst] / A.V.Chichinadze, E.M.Berliner, E.D.Braun i dr. Pod obs. red. Chichinadze A.V. – M. : Mashinostroenie, 2003. – 576 s.
2. Myshkin N.K., Trenije, smazka, iznos. Phizicheskie osnovy i tehnikeskiye prilozhenija tribologiji [Tekst] / N.K.Myshkin, M.I.Petrokovec – M. : FIZMAGLIT, 2007. – 368 s.
3. Koval'chik Y.I. Teoreticheskoje i eksperimental'noe issledovanie temperatury vspyshek [Tekst] / Koval'chik Y.I. // Visnyk Kharkivskogo Nacional'nogo Universytetu. Serija «Matematyчне modeljuvannja. Informazijni tehnologii/ Avtomatyzovani systemy upravlinja.» 2008. - №833. - S.140-148.
4. Trenije, iznashivanije i smazka. Spravochnik [Tekst]: v 2-h kn. / Pod red. I.V.Kragel'skogo, V.V.Alisina. – M.: Mashinostroenie, 1978. – kn.1, 1978. – 400 s.
5. Pehovich A.I. Raschet teplovogo rezhima tverdyh tel [Tekst] / A.I.Pehovich, V.M.Zhidkih– L.: Energija, 1976. – 352 s.
6. K raschetu kontaktnyh temperatur pri treniji detalej dvigatelej vnutren'ego sgoranija [Tekst] / V.G.Zarenbin // Visnyk Prydniprov's'koho Derzhavnoji Akademiji Budivnyzva ta Architektury. – 2009. №1. - S.11-14.
7. Ozenka srednego rastojanija mezhdu pjatnami kontakta v pare trenija gil'za zilindra – porshnevoje kol'zo dvigatelej vnutren'ego sgoranija [Tekst] / V.G.Zarenbin, G.G.Karasev // Visnyk Prydniprov's'koho Derzhavnoji Akademiji Budivnyzva ta Architektury. – Dnipropetrovs'k: PDABtaA, 2009. №10. - S.21-25.
8. K raschetu na zajedanije detalej ZPG DVS [Tekst] / V.G.Zarenbin, N.I. Mischenko, V.V.Bogomolov // Dviguny vnutrishn'ogo zgor'anja - 2013. - № 2.-S.37-41.

Поступила в редакцию 08.07.2014

**Заренбин Владимир Георгиевич** – докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедры Эксплуатации и ремонта машин ГВУЗ Приднeпровской Государственной Академии Строительства и Архитектуры, Днепропетровск, Украина, e-mail: EPM@mail Pgas.a.dp.ua.

**Мищенко Николай Иванович** – докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедры Автомобильного транспорта Автономно-дорожного института Донецкого национального технического университета, Горловка, Украина.

**Богомолов Виталий Виленович** – старший преподаватель кафедры Эксплуатации и ремонта машин ГВУЗ Приднeпровской Государственной Академии Строительства и Архитектуры, Днепропетровск, Украина, e-mail: v-bogomolov66@mail.ru

**РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУР ПРИ БАГАТОЧИСЕЛЬНОМУ КОНТАКТІ  
В УМОВАХ НЕВСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМІВ ТЕРТЯ**

*В.Г. Заренбін, М.І. Міщенко, В.В. Богомолів*

Запропоновано метод розрахунку максимальної температури при багаточисельному контакті в умовах невстановлених режимів тертя з урахуванням приведених теплофізичних характеристик в умовах несталої температури. Для знаходження температури спалаху використаний метод суперпозицій. Приведені залежності температурного спалаху від числа циклів вантаження і відносної площі контакту. За допомогою запропонованого розрахунку були оцінені значення розглянутих величин температур для трибосполучення гільза циліндра - поршневе кільце швидкохідного дизеля, яке, як відомо, в значній мірі лімітує працездатність двигуна.

**CALCULATION OF TEMPERATURES AT A PLURAL CONTACT IN THE CONDITIONS  
OF THE UNSET MODES OF FRICTION**

*V.G. Zarenbin, N.I. Mischenko, V.V. Bogomolov*

The method of calculation of maximal temperature at a plural contact in the conditions of the unset modes of friction taking into account the resulted thermophysical descriptions is offered. For finding of temperature of flash the method of super positions is used. Dependences of temperature flash are resulted on the number of cycles of lading and relative area of contact. By the offered calculation the values of the examined sizes of temperatures were appraised for a pair of friction cylinder - piston-ring of high-speed diesel, which, as is generally known, largely limits the capacity of engine.

УДК 629.113

*Д.Е. Оксень, Е.И. Оксень*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАРЫ  
КРИВОШИП-ШАТУН НА ХАРАКТЕР ВИБРАЦИИ КОРПУСА ДВИГАТЕЛЯ**

*Приведены результаты теоретического исследования влияния технического состояния пары кривошип-шатун на величину импульса, вызванного наличием дефектов, в сигналах перемещения, скорости и ускорения точки на поверхности корпуса двигателя. Имитационным моделированием показано, что наличие дефекта проявляется в виде импульсов в траектории, годографах скорости и ускорения точек поверхности корпуса двигателя. При этом отмечено, что величины импульсов, характеризующих наличие дефектов, более значимы для скорости и ускорения точек корпусных деталей.*

**Введение**

Неравномерность вращения двигателя внутреннего сгорания автомобиля является мерой непостоянства угловой скорости коленчатого вала, обусловленного колебаниями параметров процесса преобразования энергии, чередованием работы цилиндров и наличием возможных дефектов в механизмах и системах двигателя [1]. Расчет и измерение неравномерности вращения ДВС связаны с большим объемом работ и значительными затратами времени, как, например, в случае применения метода измерения разброса значений среднего индикаторного давления в отдельных цилиндрах. Кроме того, данный метод не позволяет достичь достаточной точности, т.к. не учитывает изменение механических потерь [2].

Другой способ определения неравномерности вращения путем записи изменений крутящего момента также имеет свои недостатки – возникает трудность объективного описания колебаний процесса преобразования энергии, т.к. на изменения значений угловой скорости, являющихся следствием неравномерности крутящего момента, накладываются собственные колебания моментов автомобиля или испытательного стенда [3].

Вследствие трудностей, связанных с определением и описанием неравномерности вращения, авторами предложено исследовать процесс излучения двигателем вибрационных волн, вызванных динамическим взаимодействием его кинематических звеньев, с целью выявления особенностей, свидетельствующих о наличии дефектов в механизмах и деталях. В данной работе приведено теоретическое обоснование основных параметров системы диагностирования дефектов в кинематических парах.

Цель работы – обоснование типа измерительных преобразователей для регистрации виброакустического поля ДВС и выявления дефектов в кинематических парах.

Задачи исследования:

– разработка программного обеспечения для динамического моделирования процесса формирования виброакустических колебаний в ДВС при наличии дефекта;

– исследование влияния дефекта в паре кривошип-шатун на величину импульса, вызванного наличием дефекта, в сигналах перемещения, скорости и ускорения поверхности корпуса ДВС.