

износостойкости. Технология повышения износостойкости гильз позволяет увеличить срок эксплуатации двигателей внутреннего сгорания.

**Список литературы.** 1. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Учебник / Фомин Ю. Я., Горбань А. И., Добровольский В. В., Лукин А. И. и др. – Л.: Судостроение, 1989. – 344 с. 2. Асташкевич Б. М. Износостойкость чугуновых втулок цилиндров транспортных дизелей. Двигателестроение, 1986. – № 2. – С. 32-36. 3. Григорьев В. М., Лазарева В. А., Маслов Ю. В. Освоение технологии закалки ТВЧ внутренней поверхности втулок цилиндров дизеля ЧН 18/22. Двигателестроение, 1990. – № 6. – С. 41-42. 4. Декларац. пат. № 9578 Україна, С21Д1/10, Спосіб термообробки внутрішніх поверхонь циліндричних виробів / Жучинський Л. А. та інші. Заявл. 27.12.2004; Опубл. 17.10.05. – К.: Промислова власність, 2005. – № 10. 5. Вичев А. Ф., Жучинський Л. А., Ивахненко Н. Н., Стоян С. Л. Оценка остаточных деформаций гильз ДВС при их восстановлении нидукционной термообработкой // Научно-технический сборник «Судовое энергетическое газооборудование». – г. Николаев: НПКГ «Зоря Машпроект», 2004, – № 3. – С. 354-359. 6. Декларац. пат. № 11719 Україна, С21Д1/10, Пристрій для термообробки внутрішніх поверхонь циліндричних виробів / Жучинський Л. А. та інші. Заявл. 20.05.2005; Опубл. 16.01.06. – К.: Промислова власність, 2006. – № 1.

Сдано в редакцию 31.01.07

## **МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕНОСА В СОПРЯЖЕНИИ «ЦИЛИНДР-ПОРШЕНЬ» ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**Заяш П.И.** (Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Беларусь)

*Considered thermal loading and the estimation of distribution of temperatures of the piston of the diesel engine with the chamber of combustion of type CNIDI is lead within the limits of two-dimensional dissymmetric model by a method of final elements at quasistationary conditions of heat exchange.*

### **1. Введение**

Одним из основных современных направлений совершенствования двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является увеличение их литровой мощности. Как правило, это достигается применением наддува или увеличением частоты вращения и ведет к росту тепловых и механических нагрузок на детали двигателя, в том числе и поршня. Для обеспечения его работоспособности применяют различные конструктивные решения: вставку под верхнее компрессионное кольцо, принудительное охлаждение поршня маслом, применение функциональных покрытий на различных поверхностях поршня (теплозащитных, противоизносных, антифрикционных, прирабочных). Однако применение покрытий, которые часто представляют собой керамические материалы, полимерные композиты или металлические пленки (т.е. материалы, отличные по свойствам от основного материала поршня – алюминиевого сплава), может существенно изменить теплоотвод, а, следовательно, и температурную нагруженность этой важной детали цилиндра-поршневой группы (ЦПГ).

Цель исследований состояла в определении влияния теплоотвода через поверхности поршня, на которые обычно наносятся функциональные покрытия, на его температурную нагруженность при различных режимах эксплуатации.

### **2. Основное содержание и результаты работы**

Известно, что для основных деталей ДВС, изготовленных из традиционных материалов, существуют допустимые температурные границы, переход через которые может привести к нежелательным последствиям (изменение структуры материала, ухудшение физико-механических характеристик). Эти границы для различных материалов приведены в табл.1 [1]. Наибольшую температурную нагрузку испытывают середина днища поршня и кромки камеры сгорания.

Таблица 1. Допустимые температуры эксплуатации изделий из различных материалов

| Материал           | Допустимые температуры, К |
|--------------------|---------------------------|
| Алюминиевый состав | 523-623                   |
| Чугун              | 673-723                   |
| Сталь              | 723-773                   |
| Жаропрочная сталь  | 873-923                   |

Кроме того, температура частей поршня, соприкасающихся с моторным маслом (в первую очередь в канавках компрессионных колец), не должна превышать 453-493К иначе начинаются интенсивные процессы лако- и нагарообразования из-за термоокислительной деструкции смазочного масла. Это приводит к залеганию колец и преждевременному старению масла.

Предельная температура на внутренней поверхности цилиндра определяется условиями, предотвращающими нагарообразование, повышенный износ и потери на трение, а не механическими характеристиками металла. Минимальный износ наблюдается при температуре зеркальной поверхности 433-443К, при этом температура в верхнем поясе гильзы может достигать 473-513К. Охлаждение поршня должно обеспечивать условия оптимальной эксплуатации ЦПГ. Теплота от поршня отводится, главным образом, через кольца, юбку и нижнюю поверхность, которую для увеличения теплоотдачи опрыскивают смазочным маслом.

Анализ тепловой напряженности поршня осуществляли методом моделирования. Условия теплообмена определяли расчетным путем или выбирали по опытным данным. Граничные условия третьего рода на огневых поверхностях камеры сгорания получены тепловым расчетом в цилиндре двигателя.

Исследования производили на двумерной осесимметричной модели поршня дизельного двигателя с камерой сгорания типа ЦНИДИ с помощью метода конечных элементов при квазистационарных условиях теплообмена. В качестве анализируемой области было принято осевое сечение поршня. Граничные условия теплообмена третьего рода в камере сгорания определяли расчетным путем, на остальных поверхностях выбирали по рекомендациям, приведенным в [2]. Методика теплового расчета описана в [1], коэффициент теплоотдачи от сгораемых продуктов топлива рассчитан по формулам Вошни, Хохенберга и Цапфа [3]:

Формула Вошни:

$$\alpha = C \cdot D^{m-1} \cdot T_{\infty}^{0,75-1,62m} \cdot p^m \cdot W^m = C \cdot D^{-0,2} \cdot T_{\infty}^{-0,546} \cdot p^{0,8} \cdot W^{0,8} \quad (1)$$

где:  $T$ ,  $p$  - температура, К и давление, атм, цикла;  $D$  - диаметр цилиндра, м;  $W$  - скорость рабочего тела, м/с;  $C=81,95$  - коэффициент.

Формула Хохенберга:

$$\alpha = C_1 \cdot V_i^{-0,06} \cdot T_{\infty}^{-0,4} \cdot p^{0,8} \cdot (c_m + C_2)^{0,8} \quad (2)$$

где:  $C_1=130$ ,  $C_2=1,4$  - коэффициенты;  $V_i$  - текущий объем цилиндра;  $C_m$  - средняя скорость поршня.

Формула Цапфа:

$$\alpha = C \cdot D^{-0,22} \cdot T_{\infty}^{-0,52} \cdot p^{0,78} \cdot c_m^{0,78} \quad (3)$$

где:  $C=535$  – коэффициент.

Результаты теплового расчета по этим формулам представлены на рис.1. Анализ показывает, что коэффициенты теплоотдачи от продуктов сгорания и величины результирующих температур, рассчитанные по различным формулам, дают очень близкие результаты.

Наибольшие  $T_{рез}=1081K$  и  $a_r=185 \text{ Вт/м}^2K$  были получены при использовании формулы Вошни. Эти значения были приняты для всей поверхности поршня, соприкасающейся с горячими газами.

Граничные условия представлены на рис. 2 и в табл. 2. Коэффициенты теплопроводности материалов, принятые в расчете, приведены в табл. 3.

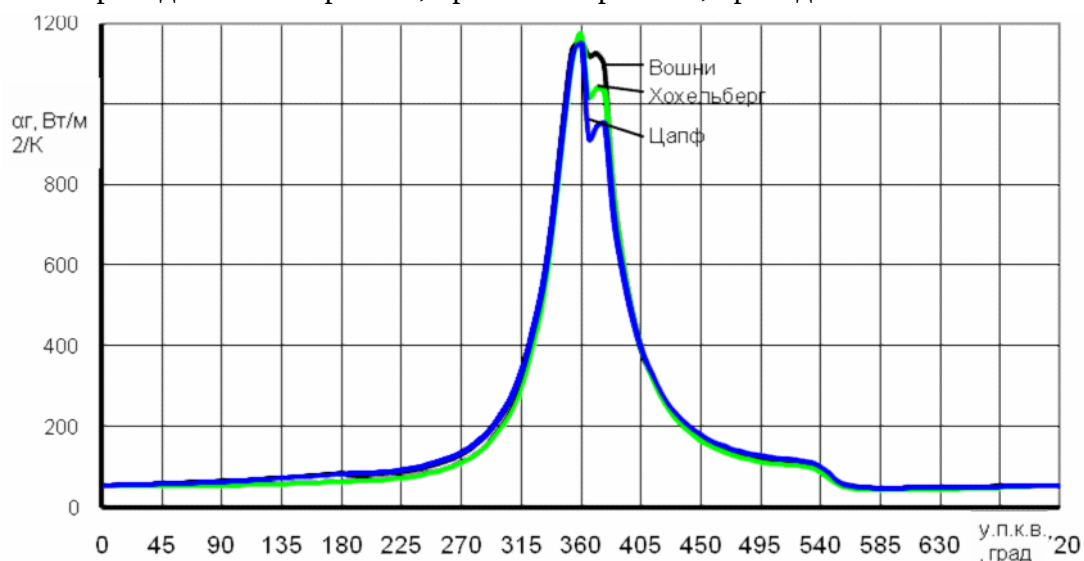


Рис. 1 Зависимость коэффициента теплоотдачи от газов при разных углах поворота коленчатого вала (EGRD)

Таблица 2. Граничные значения температуры и коэффициента теплоотдачи

| Участок                             | Граничные условия              |       |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------|
|                                     | $\alpha$ , Вт/м <sup>2</sup> К | T, К  |
| 1                                   | 340                            | 1 250 |
| 2                                   | 400                            | 1 250 |
| 3                                   | 300                            | 1 200 |
| 4                                   | 300                            | 1 000 |
| 5                                   | 300                            | 430   |
| 6                                   | 370                            | 410   |
| 7                                   | 400                            | 375   |
| 8                                   | 200                            | 390   |
| 9                                   | 200                            | 400   |
| 10                                  | 200                            | 420   |
| Канавка 1-го компрессионного кольца | 15 000                         | 430   |
| Канавка 2-го компрессионного кольца | 10 000                         | 420   |
| Канавка маслосъемного кольца        | 10 000                         | 420   |

Таблица 3. Коэффициенты теплопроводности материалов

|                                  | Коэффициент теплопроводности, Вт/м <sup>2</sup> К |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| $\lambda_1$ (алюминиевый сплав)  | 150                                               |
| $\lambda_2$ (чугун)              | 40                                                |
| $\lambda_3$ (зазор под вставкой) | 30                                                |

Температурное поле (тепловая напряженность) поршня, полученное в результате расчета, представлено на рис. 3. Было рассмотрено влияние на значение температуры характерных точек поршня (табл. 2) при изменении условий теплоотвода через юбку и канавки поршневых колец. Эффективность теплоотдачи изменяли в диапазоне значений 0-150% по сравнению с исходной.

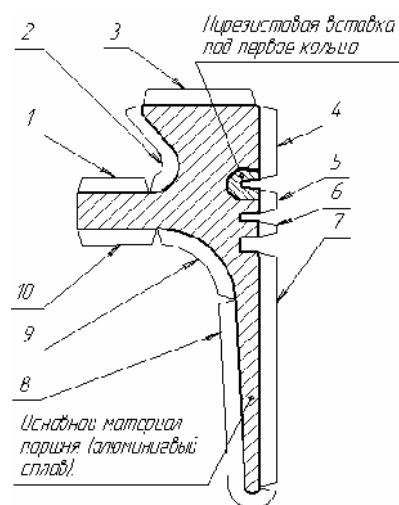


Рис. 2 Характерное сечение поршня ДВС

Изменения теплоотдачи задавали, варьируя значение коэффициента теплоотдачи. Результаты расчетов представлены на рис. 4-7.

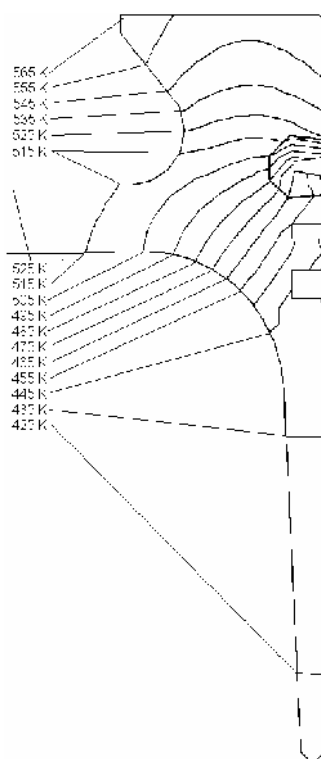


Рис. 3 Нормальное распределение температур по сечению поршня

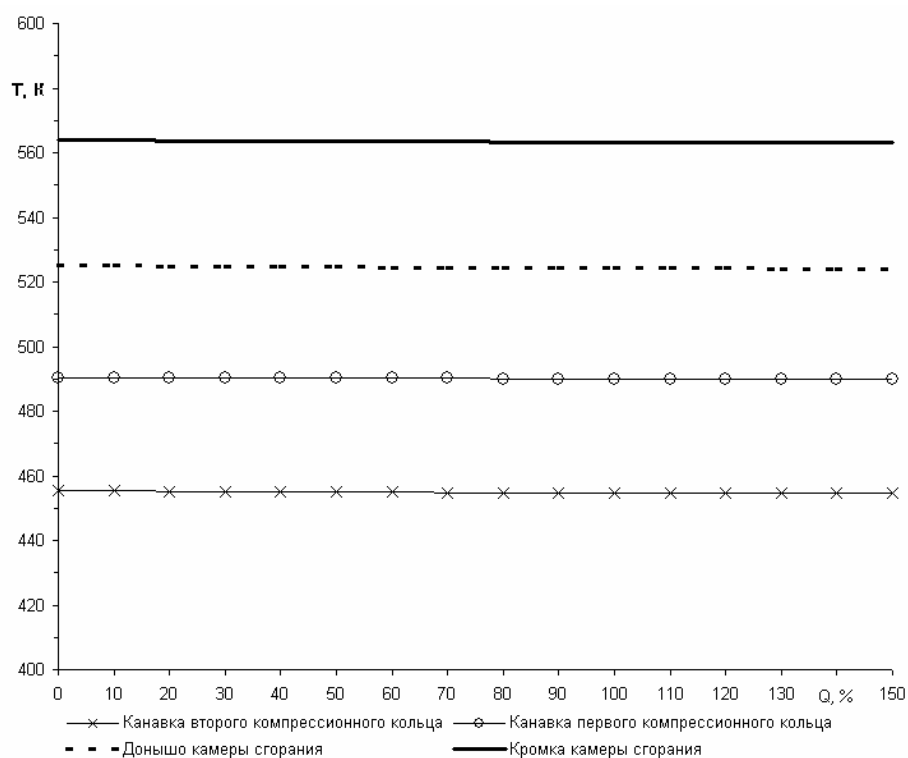


Рис. 4 Зависимость температуры характерных точек сечения поршня от эффективности теплоотвода через юбку поршня

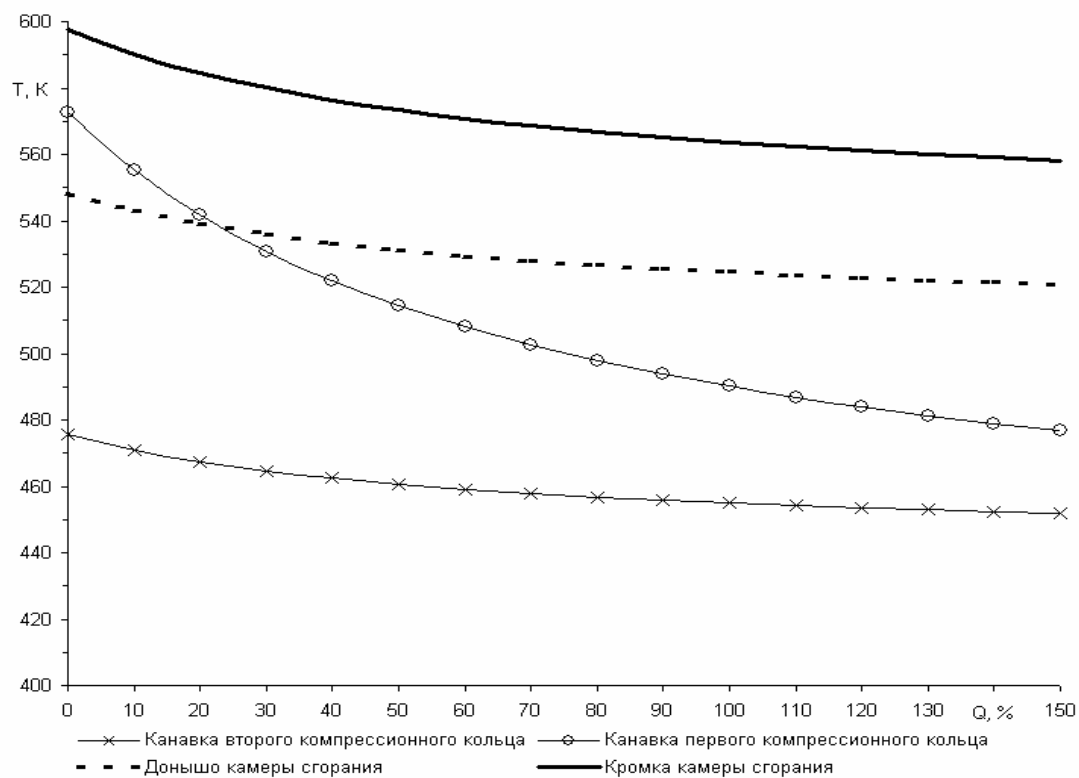


Рис. 5 Зависимость температуры характерных точек сечения поршня от эффективности теплоотвода через первое компрессионное кольцо

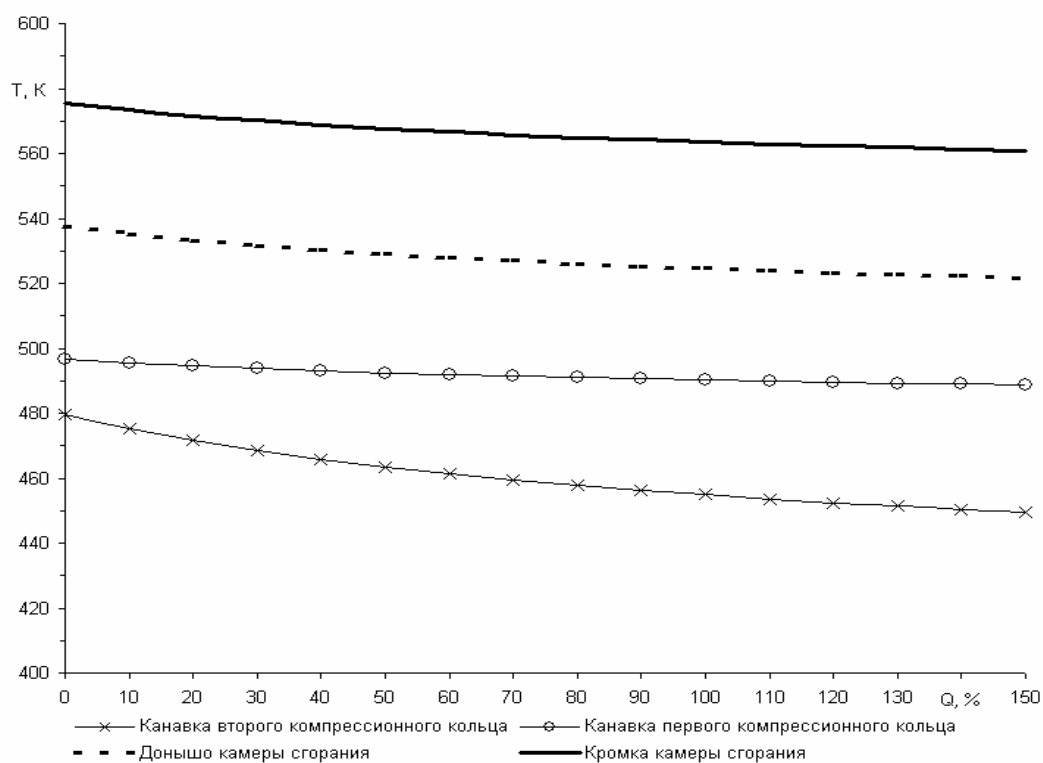


Рис. 6 Зависимость температуры характерных точек сечения поршня от эффективности теплоотвода через второе компрессионное кольцо

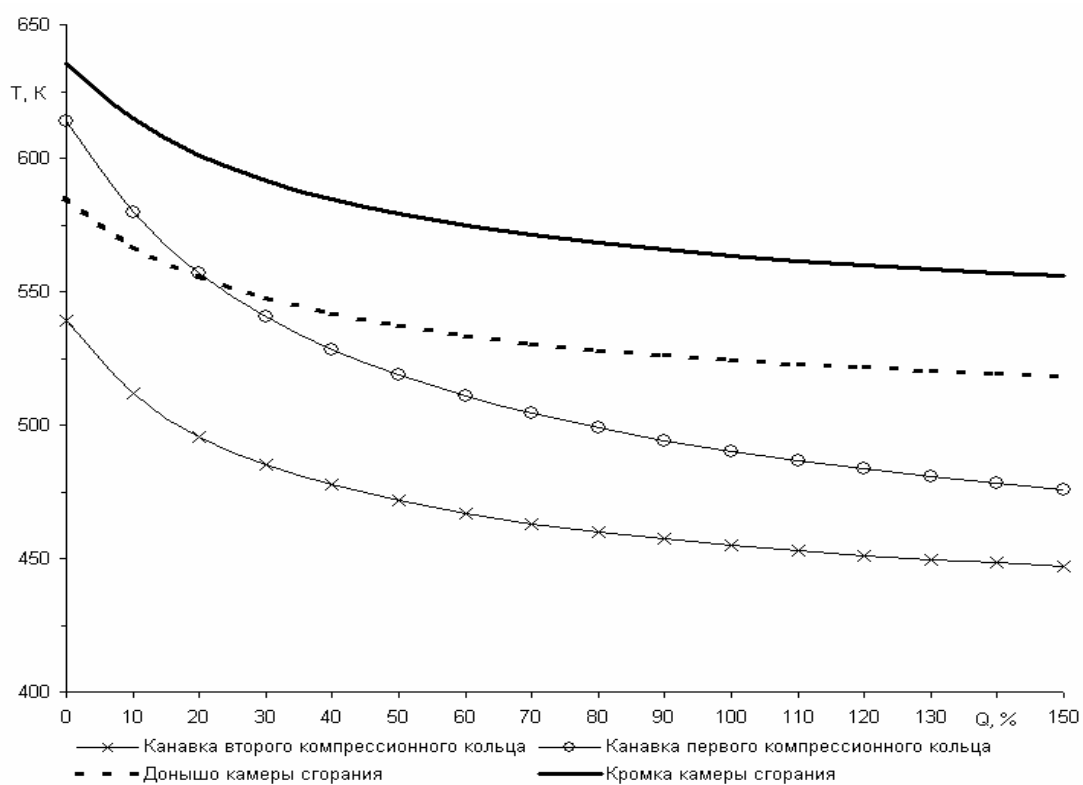


Рис. 7 Зависимость температуры характерных точек сечения поршня от эффективности теплоотвода через первое и второе компрессионное кольцо

### 3. Заключение

Проанализировав результаты расчета можно сделать следующие выводы:

1. Теплоотдача через юбку поршня (рис. 4) оказывает минимальное влияние на его тепловое состояние. Даже полное прекращение теплоотвода через юбку увеличивает температуры характерных точек только на 3-5К. Из этого следует, что применение функциональных покрытий любого состава на юбку поршня не приведет к неблагоприятным последствиям, связанным с температурой.

2. Уменьшение теплоотвода через второе кольцо (рис. 6) более существенно влияет на значение температуры характерных точек. Значения температуры изменяются в пределах 10-20К, более всего в зоне канавки второго кольца. Это может привести к процессу коксования смазочного масла и залеганию кольца. При использовании покрытий канавки второго кольца необходимо проверять его работоспособность.

3. Максимальное влияние на температурное состояние поршня оказывает теплоотвод через первое кольцо (рис. 5) или оба компрессионных кольца (рис. 7). При уменьшении теплоотвода температуры характерных точек существенно растут и превышают критические значения, при увеличении – существенно снижаются.

**Список литературы:** 1. Вершина Г.А., Якубенко Г.Я. Методическое пособие по курсам «Теория рабочих процессов ДВС» и «Динамика ДВС» для студентов специальности Т.05.10.00. -Мн.: ЗАО «Техноперспектива». - 2001. – 86 с. 2. Костин А.К., Ларионов В.А., Михайлов Л.И. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания. - Л.: - 1979. - 260 с. 3. Кавтадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. - М.: МГТУ. - 2002. – 380 с.

Сдано в редакцию 29.01.07

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ

**Ивченко Т.Г.** (ДонНТУ, Г. Донецк, Украина)

*The developed method of analytical determination of the cutting tools temperature allows taking into account the simultaneous action of the warmth sources on the front and back surfaces of the tool blade. The improvement of cutting tools effective exploitation is made by substantiation of optimal cutting conditions.*

#### Введение

Современные тенденции интенсификации процесса резания вследствие широкого внедрения новых конструкционных и инструментальных материалов, высокопроизводительного оборудования и оснастки, выдвигает принципиально новые требования к управлению технологическими системами. Функционирование технологических систем механообработки в значительной мере определяется тепловыми процессами при резании, оказывая существенное влияние на работоспособность режущего инструмента и качество деталей. Снижение температуры резания - наиболее эффективный путь повышения стойкости инструмента и качества обработанной поверхности. В связи с этим достаточно актуальна разработка методов управления тепловыми явлениями в зоне резания.

В настоящее время преимущественное внимание уделяется развитию теоретических методов исследования тепловых процессов. Одним из аналитических