

УДК 621.45.03:621.45.038:621.45.01

А.В. МАТЮХА, студент, НТУ «ХПИ»,
В.В. МАТВЕЕНКО, аспирант, НТУ «ХПИ»,
В.А. ПЫЛЁВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕСИММЕТРИЧНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЯ ДИЗЕЛЯ

В статье показана необходимость учета несимметричности граничных условий теплообмена поршня. Выполнена идентификация несимметричных в окружном направлении днища поршня граничных условий на основании данных экспериментального исследования

У статті показано необхідність врахування несиметричності граничних умов теплообміну поршня. Виконано ідентифікацію несиметричних в коловому напрямку днища поршня граничних умов на основі результатів експериментального дослідження

In article the necessity of taking into account asymmetry of the piston heat-exchange boundary conditions are gives. Identification of an asymmetric in the circumferential direction of the piston bottom heat-exchange boundary conditions is made

Постановка проблемы в общем виде и ее связь в важными научными или практическими заданиями. Расчеты температурного состояния деталей на практике выполняют, как правило, с использованием метода конечных элементов и 3D-моделей. При этом для поршней используются симметричные в окружном направлении граничные условия (ГУ) 3-го рода [1, 2]. Однако, сложная геометрия поршня, неравномерные теплоподвод и теплоотвод свидетельствуют о несимметричности его температурного поля и необходимости использования соответствующих ГУ теплообмена.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор. Анализ работ показывает, что неравномерность температуры кромки камеры сгорания (КС) в окружном ее направлении может достигать 48 °С [3, 4]. В работе [5] были получены несимметричные ГУ теплообмена поршня с учетом неравномерности теплоотвода в гильзу в зоне первого поршневого кольца. При этом расчетная температура кромки КС в окружном направлении отличалась на величину до 5 °С.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья. В работе [5] при корректировке ГУ не была учтена неравномерность теплоподвода в зоне днища поршня и его КС, что требует дальнейшего исследования.

Формулировка целей статьи. Реальные окружные перепады температур в зоне кромки КС поршня соизмеримы с радиальными перепадами [1, 2], что необходимо учитывать при оценке ресурсной прочности. В связи с указанным целью данной работы является идентификация несимметричных ГУ теплообмена поршня в зоне его огневого днища.

Изложение основного материала исследований. На основании экспериментальных исследований температурного поля поршня дизеля 4ЧН12/14 в диапазоне эксплуатационных режимов, проведенных на кафедре ДВС, в данной работе были получены несимметричные в окружном направлении ГУ теплообмена поршня с учетом неравномерности теплоподвода в зоне его днища. Для выполнения численного моделирования температурного поля была создана 3D-модель поршня. ГУ определены согласно рекомендациям [1, 2] и приведены на рис. 1а.

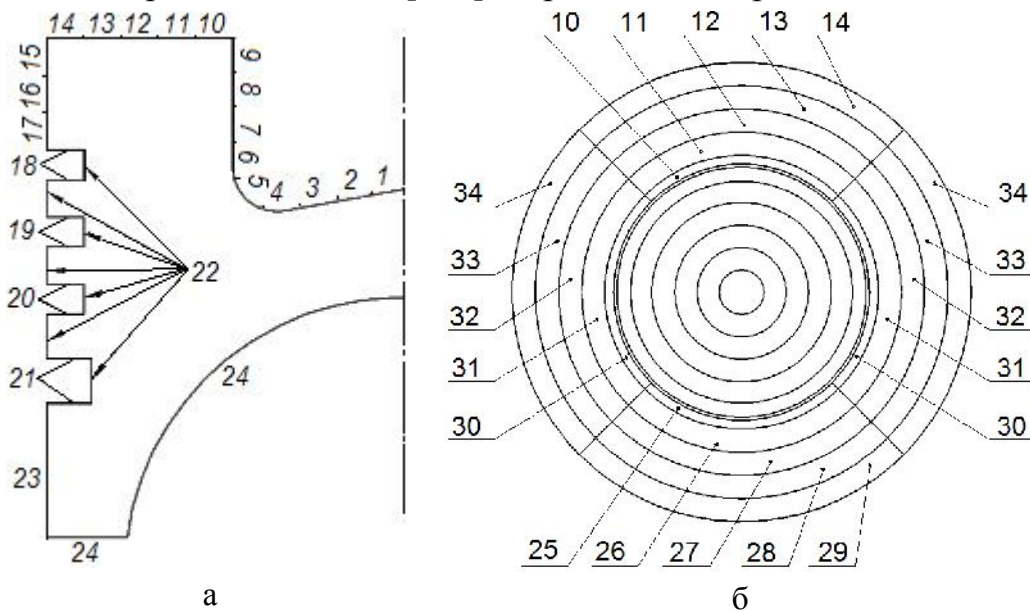


Рис. 1. Модель поршня и зоны задания ГУ: а) симметричных; б) несимметричных

С использованием ГУ по схеме рис. 1а выполнено численное моделирование температурного состояния поршня для режима экспериментального исследования при частоте вращения коленчатого вала $n=1900$ мин⁻¹ и эффективной мощности $N_e=79,5$ кВт. Сравнение результатов

моделирования с экспериментальными данными приведено в табл. 1. Контрольные точки соответствуют местам установки термопар в экспериментальном исследовании и приведены на рис. 2.

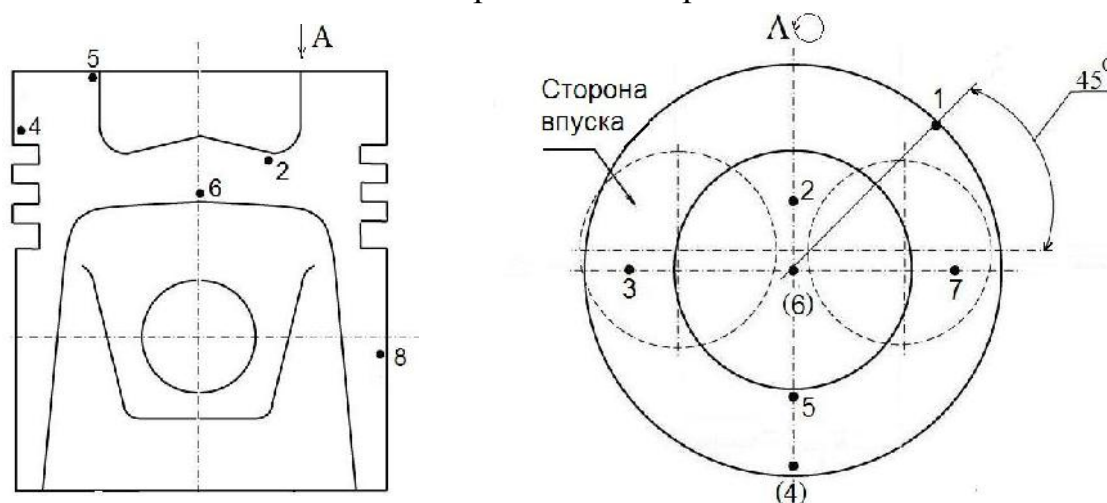


Рис. 2. Схема расположения термопар в поршне

Таблица 1

Сравнение результатов численного моделирования и экспериментального исследования

№ термопар	$t_p, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{эксп}}, ^\circ\text{C}$	δ
1	249,0	208,1	40,9
2	206,0	160,8	45,2
3	254,6	245,2	9,4
4	220,3	175,5	44,8
5	271,6	237,1	34,5
6	193,4	182,1	11,3
7	254,6	227,3	27,3
8	116,0	114,5	1,5

Видно, что абсолютная отклонение $\delta = t_p - t_{\text{эксп}}$ расчетных температур t_p от экспериментальных $t_{\text{эксп}}$ является значительным и достигает $45\text{ }^\circ\text{C}$. Дальнейшая корректировка симметричных ГУ не может существенно изменить погрешность. Это является недопустимым и свидетельствует о необходимости уточнения ГУ теплообмена поршня как несимметричных. Указанная задача решалась путем учета неравномерности теплоподвода в зоне днища поршня. Для этого была выполнена дополнительная разбивка днища на четыре сектора, как показано на рис. 1б. ГУ в камере сгорания в рамках данной работы были приняты симметричными в окружном направлении, что обусловлено сложностью процессов протекающих в ней и отсутствием необходимых экспериментальных дан-

ных. В целом по поршню выделено 34 зоны задания ГУ. Для несимметричной задачи теплообмена ГУ в зонах 25–34 (см. рис. 1б) идентифицированы на основании экспериментальных данных. Сравнение результатов численного моделирования поршня с несимметричными ГУ с экспериментальными данными приведено в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение результатов численного моделирования и
экспериментального исследования

№ термопар	$t_p, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{эксп}}, ^\circ\text{C}$	δ
1	216,1	208,1	8,0
2	174,3	160,8	13,5
3	245,1	245,2	-0,1
4	175,6	175,5	0,1
5	237,1	237,1	0
6	179,1	182,1	-3,0
7	227,2	227,3	-0,1
8	114,4	114,5	-0,1

Видно, что абсолютная погрешность принимает допустимые значения для всех точек кроме точки 2, расположенной в камере сгорания. Это объясняется тем, что граничные условия в указанной зоне приняты симметричными. Однако, значение температуры в точке 2 не может повлиять на результаты оценки ресурсной прочности кромки КС.

Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления. В данной работе идентифицированы несимметричные в окружном направлении днища поршня ГУ теплообмена. Дальнейшие исследования связаны с оценкой влияния способа задания ГУ теплообмена поршня на его ресурсную прочность.

Список литературы: 1. Процессы в перспективных дизелях / под ред. Шеховцова А.Ф. – Х.: Изд-во Основа, 1992. – 352 с. 2. Пильов В.О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності: Монографія. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332с. 3. Кавтарадзе Р.З. Расчетно-экспериментальное исследование локального теплообмена на огневом днище поршня дизеля, конвертированного в газожидкостный двигатель / Р. З. Кавтарадзе, А. И. Гайворонский, А. А. Зеленцов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Машиностроение". – 2009. – №2. С. 45-57. 4. Никишин В.Н. Исследование неравномерности температурного поля гильзы цилиндра и поршня автомобильного дизеля [Электронный ресурс] / В.Н. Никишин // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, организация: Онлайн-научно-технический журнал. – 2006. – №7. – 5с. – Режим доступа к журн.: <http://kampi.ru/sets>. 5. Матвеев В.В. Попередня оцінка температурного стану поршня з урахуванням нерівномірного тепловідведення в зоні верхнього кільця / В.В. Матвеев, В.О. Пильов, М.В. Прокопенко, І.Г. Пожидаєв // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. № 1. – С. 78-81.

Поступила в редколлегию 02.04.11