

(СССР).- №2895727; Заявл. 17.03.1980; Оpubл. 30.12.1981, Бюл. №48. -бс.; ил. 13. Авторское свидетельство СССР № 1013136, М кл<sup>3</sup>. В 23 D 23/00. Штамп для резки профилей. С.С. Гаврилов, Н.С. Суворощев (СССР).- №3331845; Заявл. 01.09.1981; Оpubл. 5.02.1982, Бюл №15. 14. Авторское свидетельство СССР №1406895, М кл<sup>4</sup>. В 21 J 13/02. Устройство для получения деталей. К.К. Диамантопуло, Б.С.Каргин, А.Г. Дончев и А.В.Мкртчян (СССР).- №4109983; Заявл. 05.08.1986; Не опубл. 15. Авторское свидетельство СССР № 1311864 кл. В 23 D 21/00. Отрезной штамп / К.К. Диамантопуло, А.Д. Кирицев, С.Н. Горелов (СССР).- №3864314 Заявл. 04.03.1985; Оpubл. 13.02.1987, Бюл. №19. 16. Авторское свидетельство СССР № 15972534, кл. В 23 D 23/00. Способ разделения гнутых швеллеров и инструмент лутучих ножниц для его осуществления / В.В. Тюлевин, В.И. Грдневский (СССР).- № 2269411; Заявл. 04.07.1988; Заявл 04.05.1990, Бюл. №37. 17. Пат. 21171А Україна, МКВ 6 В 23 D 23/00. Спосіб поділу гнучких профілей прокату / К.К. Діамантопуло, В.І. Капланов, (Україна).- № 94043267; Заявл.12.04.1994; Оpub. 27.02.1998, Бюл. №1. -бс.; ил. 18. Пат. 4815U Україна МКВ 7 В 23 D 23/00. Штамп для поділу профілів / К.К. Діамантопуло, О.І. Сердюк, (Україна). – №20040403099; Заявл. 26.04.2004; Оpubл. 15.02.2005, Бюл.№2.- бс.; ил. 19. Пат. 4816U Україна МКВ 7 В 23 D 23/00. Спосіб поділу гнутих профілів. К.К. Діамантопуло, О.І. Сердюк, Ю.К. Діамантопуло, (Україна).- № 20040403100; Заявл. 26.04.2004; Оpubл. 15.02.2005, Бюл.№2.- бс.; ил.

*Поступила в редколлегию 12.04.2010*

**УДК 621.43**

**А.В. БЕЛОГУБ**, канд. техн. наук, технич. директор ОАО «АВТРАМАТ»

**В.А. ПЫЛЕВ**, д-р техн. наук, профессор, НТУ «ХПИ»

## **ОЦЕНКА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКОСТЕННОГО ПОРШНЯ ДВС**

Запропоновано методику визначення високочастотного термонапруженого стану поверхні камери згоряння поршня двигуна внутрішнього згоряння у тривимірній постановці. Здійснено розрахунки для поршня двигуна MeMZ-2457. На основі отриманих результатів запропоновано розгалужену стратегію проектування поршнів, за якою для тонкостінних поршнів бензинових двигунів вилучаються процедури визначення ресурсної міцності камери згоряння.

Technique of determining high heat and surface combustion piston engine in 3-D. Calculations for piston engine MeMZ-2457. On the basis of the results, before branching strategy design, with a thin-walled Pistons gasoline engines are the procedures for determining resource strength of the combustion chamber.

**Постановка проблеми.** Поршень является одной из ресурсопределяющих деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС). При этом его конструкция в значительной степени влияет на все основные показатели современных двигателей. По этой причине разработка, изготовление, расширение первичного и вторичного рынков сбыта поршней отечественного производителя сегодня невозможны без соответствующего научного поиска, использования передовых математических моделей анализа и процедур проектирования, совершенствования на этой основе конструкторских возможностей участников процесса.

Традиционно основное внимание исследователей уделяется разработке концепции проектирования и обеспечения ресурсной прочности массивных поршней дизельных двигателей. Однако, несмотря на общую тенденцию относительного увеличения количества дизельных двигателей, их доля в Европе и, особенно, в странах СНГ, а также в Украине, далеко не превышает доли бензиновых. При

этом важно, что тонкостенный поршень бензинового двигателя, вследствие специфических требований к нему, имеет значимые конструктивные особенности.

В связи с этим актуальность работы состоит в развитии методов проектирования тонкостенного поршня, что позволяет решить сложную научно-техническую проблему обеспечения ресурса и повышения технического уровня ДВС.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Методы прочностного анализа поршней ДВС базируются на результатах расчета температурного и напряженно-деформированного состояния конструкций. При этом известные расчетные методики высокочастотного термонапряженного состояния поверхности камеры сгорания (КС) поршня основаны на использовании одномерных моделей и использовании метода конечных разностей [1-3]. Такой подход применяется к анализу конкретной зоны массивных поршней дизельных двигателей – кромки КС [3]. При рассмотрении поршней бензиновых двигателей вследствие большого разнообразия форм КС и неопределенности местоположения наиболее теплонапряженной зоны известный подход является неприемлемым.

**Цель и постановка задач исследования.** Особенности конструкций тонкостенных поршней бензиновых двигателей требуют выполнения расчетов высокочастотного температурного и напряженно-деформированного состояния детали в трехмерной постановке. Этот подход требует решения задачи установления методом конечных элементов. Реальное время установления температурного состояния тонкостенного поршня составляет порядка 0,5 мин. При частоте вращения коленчатого вала (КВ) двигателя порядка  $5000 \text{ мин}^{-1}$  это предполагает выполнения более 1200 расчетов для одного рассматриваемого конструктивного варианта. С учетом вариантного проектирования поставленная задача на сегодня является предельно неэкономичной. В связи с этим целью исследования является разработка экономичной методики определения высокочастотного термонапряженного состояния тонкостенного поршня ДВС.

Для достижения поставленной цели в работе решались задачи разработки оценочной методики нестационарного высокочастотного термонапряженного состояния конструкции, позволяющей достоверно определять уровень ресурсной прочности наиболее теплонапряженной зоны КС, и выполнения расчетного исследования для конструктивного варианта поршня, результаты исследования которого могут быть обобщены.

**Методика моделирования.** Разработанная оценочная методика нестационарного высокочастотного термонапряженного состояния поршня рассчитана для использования на начальных этапах проектирования в условиях наличия неполной информации о граничных условиях (ГУ) решаемой задачи. При этом постановка последней осуществляется на основе допущений, которые отвечают концепции гарантированного обеспечения ресурсной прочности [3]. При этом задача решается в два этапа. На первом устанавливается стационарное температурное поле поршня при среднецикловых локальных по поверхности КС значениях ГУ. На втором – выполняется один расчетный цикл при использовании данных о высокочастотных изменениях осредненных по поверхности КС ГУ.

**Результаты моделирования.** Расчетное исследование выполнялось применительно к поршню двигателя MeM3-2457, имеющего концентратор в КС. Это по-

зволило получить завышенный уровень теплонапряженности относительно совокупности конкурирующих конструкций. 3-D модель поршня была выполнена в системе Solid Works, последующие расчеты по МКЭ – в Cosmos Works. Конечноэлементная модель поршня представлена на рис.1.

Последующее определение стационарного температурного состояния конструкции выполнялось на основе идентификации локальных по поверхностям ГУ. Экспериментальные данные и результаты идентификации ГУ по двенадцати характерным зонам поверхности тонкостенного поршня представлены в [4].

Расчет рабочего процесса двигателя осуществлялся по методике и программе кафедры ДВС НТУ «ХПИ». Основные параметры расчетного режима представлены в табл. По полученным параметрам цикла с использованием формулы Эйхельберга определены средние по поверхности КС мгновенные значения коэффициента теплоотдачи.

Результаты расчетов единичного цикла высокочастотного теплонапряженного состояния поршня представлены на рис. 2.

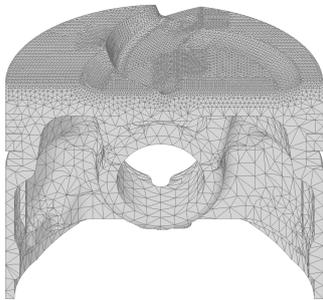


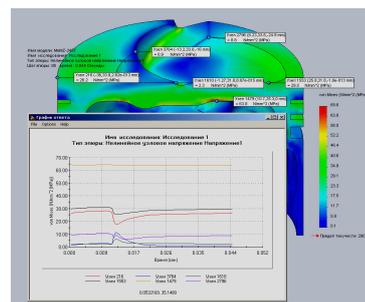
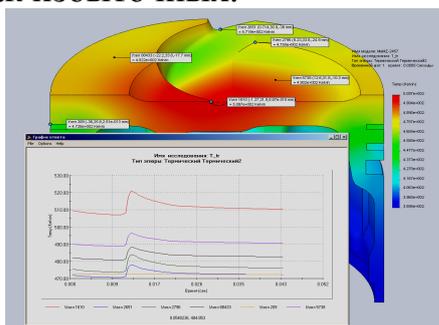
Рис. 1 – Конечноэлементная модель тонкостенного поршня с концентратором в КС

На основе полученных данных установлено, что волна температуры на поверхности КС не превышает 12К; амплитуда эквивалентных напряжений в характерных точках поршня составляет от 3 МПа в концентраторе КС при среднем уровне напряжений 2 МПа до 10 МПа в зоне выборки под клапан (средний уровень – 7 МПа). При этом в рабочих диапазонах температур поршня уровни термонапряжений не достигают предела ползучести алюминиевых поршневых сплавов снизу [3].

Таблица. Основные параметры расчетного режима ДВС

Среднее эффективное давление, МПа	0,845
Эффективная мощность, кВт	44
Частота вращения КВ, мин <sup>-1</sup>	5000
Эффективный КПД	0,31
Механический КПД	0,83
Удельный эффективный расход топлива, кг/кВт·ч	0,268

Установленные результаты позволяют использовать разветвленную стратегию проектирования, согласно которой в процессе совершенствования конструкций поршней ДВС возможно опускание процедур оценки ресурсной прочности КС, как избыточных.



а) б)  
Рис. 2. Результати розрахунку високочастотного температурного (а)  
і напруженого (б) стану поршня

**Висновки.** Представлена в статті методика дозволяє вирішити задачу оцінки високочастотного термонапруженого стану поршней ДВС на початкових стадіях їх проектування або модернізації в об'ємній постановці. Отримані з її допомогою результати і обобщення свідчать про правомірність виключення процедур оцінки ресурсної міцності КС тонкостінних поршней бензинових ДВС.

**Список літератури:** 1. Шеховцов А.Ф. Математичне моделювання теплопередачі в швидкохідних дизелях. – Харків: "Вища школа", 1978. – 153 с. 2. Кавтарадзе Р.З. Локальний теплообмін в поршневих двигачах. – М.: МГТУ ім. Н.Е. Баумана, 2001. – 591с. 3. Пильов В. О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332 с. 4. Белогуб А.В., Зотов А.А. і др. Исследование температурного поля поршня // Авіаційно-космічна техніка і технологія: Зб. наук. праць. – Харків: ХАІ, 2002. – Вип. 31. С. 100-104.

*Поступила в редакцію 15.12.2009*

**УДК 621.746.6:669.046.516.4:669.715**

**Ю.В. ДОЦЕНКО**, канд. техн. наук, доцент, НМетаУ, м. Дніпропетровськ

## **ВПЛИВ ТИСКУ І МОДИФІКУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛУ ВИЛИВКІВ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Al-Si**

У статті проаналізовані дані про вплив газодинамічного тиску та модифікування на властивості вилівка із сплаву А356. Приведені дані свідчать про високу ефективність сумісної дії тиску та модифікування на властивості металу вилівоків.

In article the data on influence gaso-dynamic pressure and modification on properties of casting from alloy A356 is analysed. The cited data testifies about high effectiveness joint influence of pressure and modification on properties of casting metal.

### **Вступ**

Властивості литого металу залежать від цілого ряду чинників різної значущості. Тому розробка досить універсальних технологічних процесів, направлених на зниження непродуктивних втрат металу з одного боку, і на підвищення його якості - з іншого, незмінно є актуальним завданням технологів і дослідників.

Одним з найбільш поширених засобів досягнення цієї мети є модифікування. Крім того, до методів активної дії на формування структури злитків та вилівоків можна віднести процеси, пов'язані із застосуванням тиску, введенням в розплав пружних коливань, дії концентрованими джерелами енергії [1-7]. При цьому, вказані процеси мають, зокрема, певну технологічну специфіку, свої переваги і недоліки.

### **Аналіз попередніх публікацій**

За сучасними уявленнями будова металевого розплаву не є гомогенною. У деякому інтервалі температур повного змішування атомів не відбувається, а виникають мікробласти із структурою ближнього порядку, характерною для кристалічної фази.