

THE ESTIMATION OF CARBON DEPOSIT INFLUENCE ON THE TEMPERATURE STATE OF THE MIDDLE SPEED DIESEL CYLINDER HEAD

O.U. Linkov, V.V. Pylyov, S.O. Kravchenko

Conception of cylinder head fractures origin in the locomotive diesels is expanded. The carbon deposit influence on the cylinder head temperature state is estimated. The nonuniform heat flux distribution is studied. Carbon layer presents on the four-stroke locomotive diesel cylinder head surface considering during its temperature state simulation is performed.

УДК 621.43.016

DOI: 10.20998/0419-8719.2016.1.07

В.А. Пылев, Р. Ариан, И.А. Нестеренко

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР ПОРШНЯ ДВС

*В работе выполнен анализ известных подходов и схем по поддержке автоматизированного проектирования двигателей внутреннего сгорания с учетом повышения эффективности процесса проектирования. Рассмотрены известные особенности прохождения проекта поршня ДВС в САПР. На основе анализа конструкций поршней дизелей, условий их теплообмена со стороны камеры сгорания и влияния термонапряженного состояния на процесс разрушения кромки камеры сгорания поршня уточнены этапы анализа конструкций поршней и порядок их прохождения в многоэтапной САПР с учетом многовариантности детализации исходных данных.*

**Введение**

Совершенствование двигателей внутреннего сгорания в первую очередь связывают с улучшением протекания внутрицилиндровых процессов, в т.ч. – за счет формоизменения камеры сгорания (КС). В связи с этим, а также неизменной тенденцией увеличения уровня форсирования двигателей, достаточно сложной наукоёмкой является задача обеспечения требуемого уровня надежности наиболее теплонапряженных деталей, образующих КС, – поршней, головок цилиндров, клапанов.

В последнее время существенно обострилась проблема обеспечения физической надежности поршней форсированных дизелей, связанная с растрескиванием кромок КС. Согласно современным представлениям это растрескивание вызвано перегревом поршней и значительными перепадами их температурного состояния для двигателей, условия эксплуатации которых предполагают частые и резкие смены нагрузки [1,2].

Безусловно, необходимый уровень физической надежности конструкций должен быть обеспечен на стадии их проектирования. При этом ожидается как сокращение времени на доводку объектов проектирования на стендах и в условиях эксплуатации, так и уменьшения общего времени разработок и затрат на разработки. Этим обусловлена высокая актуальность работ данного направления.

Практическая реализация указанного комплекса требований на сегодня и в перспективе предполагает использование систем автоматизации проектирования. Это означает, что совершенствование двигателей, их систем, узлов, деталей и от-

дельных конструктивных элементов должно сопровождаться совершенствованием соответствующих подсистем интегрированной САПР ДВС.

**Анализ проблемы**

На сегодня теория САПР представлена достаточно большим количеством публикаций, в которых речь идет о системах и собственно процессе автоматизированного проектирования сложных технических объектов, в том числе и ДВС [3-5]. В тоже время для непосредственного их применения и совершенствования необходима существенная конкретизация. Такая конкретизация находит свое развитие в части совершенствования программного обеспечения САПР, как базового, так и специализированного. Применительно к анализу деталей КС это относится к программным комплексам, основанным на использовании методов конечных элементов и конечных разностей [6-8]. При этом достоверность результата и качество его анализа возлагается на проектировщика, его возможности в части постановки задачи и задания граничных условий (ГУ). На него также возлагается решение о возврате на предыдущие этапы многоэтапной САПР, повторном решении задач данного этапа либо передачи результатов на последующие этапы проектирования. Здесь под этапом понимают логично завершённый фрагмент проектирования, на основе результатов которого принимают решение о дальнейшем направлении работ в соответствии с имеющимися место маршрутами. При этом важно, что эффективность САПР определяется именно минимальным повтором решаемых задач на каждом этапе выполнения проекта в многоэтапной САПР [9].

Известно, что структурная целостность автоматизированной системы предполагает наличие совершенного методического обеспечения [9]. Этот вид обеспечения направлен на решение задач САПР и должен отражать все этапы проектных работ, а также порядок их прохождения. В обобщенном виде порядок выполнения работ обеспечивается использованием модели проектирования технической системы, представленной на рис. 1 [10,11]. Такая модель позволяет конкретизировать состав одноэтапных САПР и интегрировать их в единую систему.

Конкретизация модели применительно к поддержанию процесса проектирования сложной технической системы предложена в [12,13].

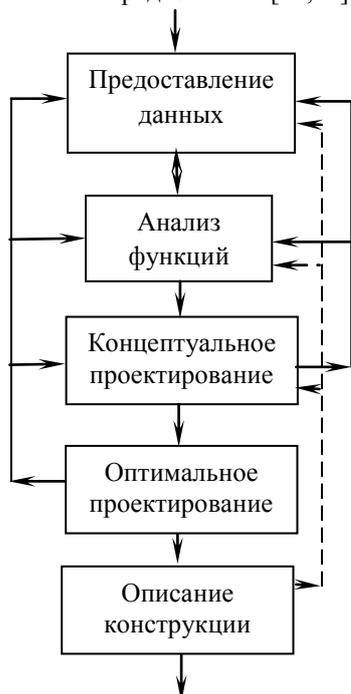


Рис. 1. Общая схема проектирования технической системы

Ее реализация для проектирования ДВС и его элементов представлена на рис. 2 [14]. Применительно к поршню при выполнении анализа (блок 7) на начальных этапах проектирования предложено использовать осесимметричную геометрическую модель конструкции и осесимметричные ГУ задачи теплопроводности. Ресурс кромки КС поршня до ее растрескивания (блок 7) предложено устанавливать исходя из концепции гарантированного его обеспечения. Это означает, что если в результате численного моделирования разрушение кромки КС не достигнуто, то это гарантирует ресурс поршня в реальных условиях эксплуатации двигателя рассмотренного назначения.

В целом видно, что блок анализа 7 должен иметь сложную структуру, используемое про-

граммное обеспечение которого зависит от рассматриваемого подэтапа проектирования.

Представленный процесс проектирования предполагает учет условий эксплуатации конструкции на всех основных этапах прохождения проекта (блок 14). При этом в блок анализа передаются данные модели нестационарного нагружения двигателя, которая учитывает назначение двигателя [14].

Дальнейшее развитие методология проектирования поршня ДВС получила в [15]. В соответствии с требованиями эффективной поддержки жизненного цикла конструкции поршня в целом, здесь поставлена и решена задача последовательно-параллельного функционирования САПР и автоматизированных систем технологической подготовки производства и промышленного проектирования. Последнее означает начало работы последующей автоматизированной системы до завершения работы предыдущей.

Процесс проектирования поршня предложено осуществлять на основе применения условно-корректных ГУ задачи теплопроводности, устанавливаемых в блоке 14 в соответствии с рис. 3. При этом в ряде случаев применительно к тонкостенным поршням получены решения с использованием сокращенного маршрута проектирования, исключаяющего этапы блоков 10,11. Последнее обстоятельство поясняется использованием концепции гарантированного обеспечения ресурса, условно-корректных ГУ и особенностей термомеханического нагружения поршней бензиновых ДВС относительно поршней дизелей [16].

Существенное ускорение процесса проектирования здесь достигнуто за счет корректной замены модели нестационарного нагружения двигателя одним наиболее нагруженным переходным процессом.

Важно, что на время выполнения анализа конструкции также влияют принятая геометрическая модель и ГУ задачи теплопроводности. При этом аналогично предыдущим исследованиям [14] предлагается использование осесимметричных ГУ, но не осесимметричной геометрической модели поршня, для которой возможно рассмотрение симметричной относительно плоскости качания шатуна части.

Ускорение процесса проектирования также следует ожидать от применения рациональных маршрутов прохождения проекта непосредственно в блоках 7 в соответствии с рис. 2,3. Применительно к модели анализа прочности поршня такая маршрутизация представлена на рис. 4 [17].

Здесь основной маршрут анализа конструкции представлен блоками 1-5. При этом в блоках 2-5 предполагается использование уточненных алгоритмических математических моделей. Ускоренный маршрут анализа предполагает прохождение проекта блоками 1,2,6,7,5. Здесь ускорение достигается за счет применения в блоках 6 и 7 эмпирических аналитических моделей, получение которых осуществляют на основе предварительных расчетов, выполненных в блоках 2-4. При этом ясно, что достоверность результатов определяется входными данными – принятой геометрической моделью

поршня  $x$  и принятой моделью эксплуатации двигателя  $\Xi$ . При этом влияние последней на уровень расчетной физической надежности конструкции определяется принятыми ГУ. Таким образом, для общего случая совершенствования конструкции поршня нерешенными являются задачи обоснования: принятой геометрической модели поршня; способа назначения ГУ задачи теплопроводности; перехода от нестационарной модели эксплуатации двигателя данного назначения к рассмотрению одного, наиболее опасного переходного процесса.

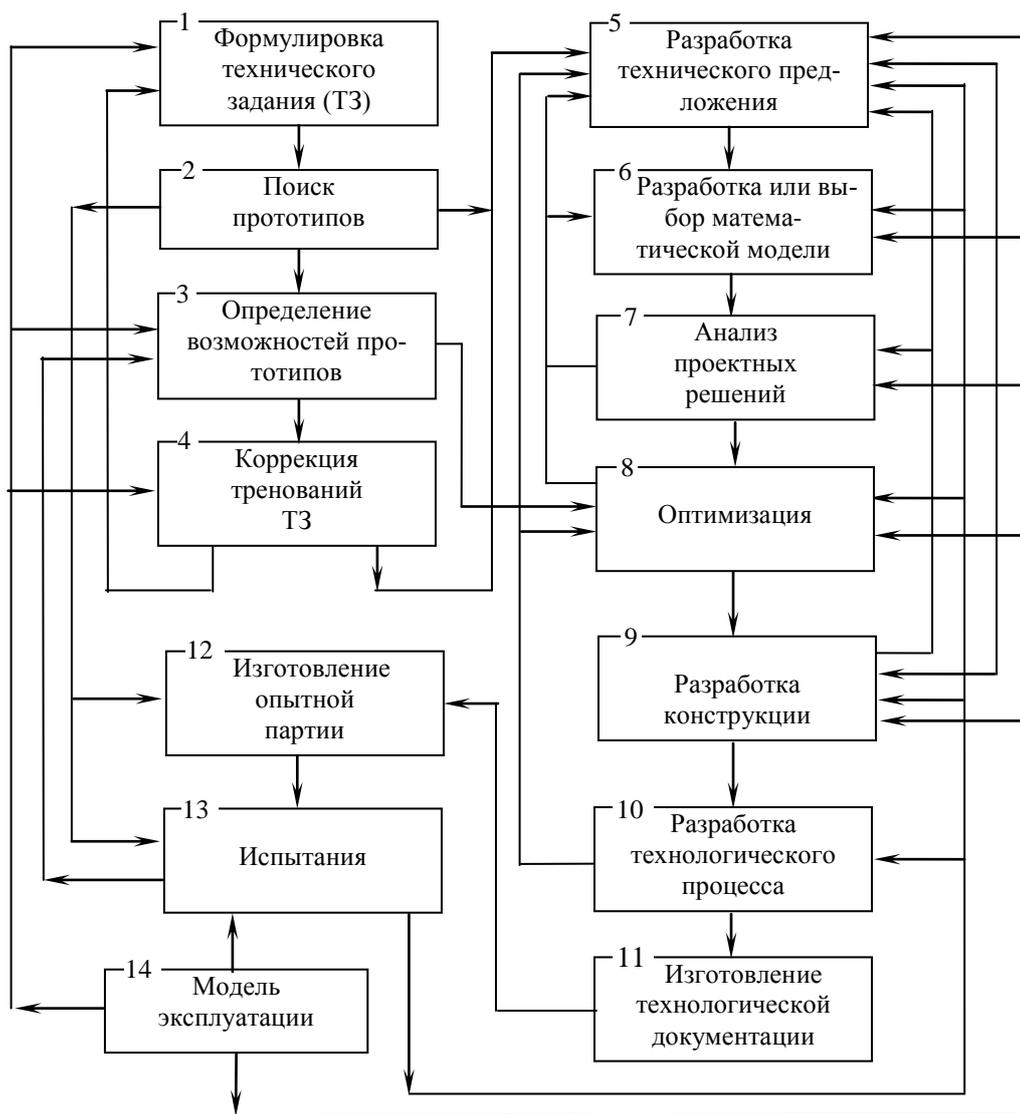


Рис. 2. Обобщенная схема процесса проектирования ДВС либо его элементов

Перспективным направлением дальнейшего совершенствования САПР поршня ДВС является реализация перехода от концепции гарантированного обеспечения ресурса к концепции работы конструкции на пределе прочности. Указанная задача

также не может быть решена без обоснованного задания входных данных для моделирования.

**Основная часть**

Согласно общей теории САПР создание автоматизированной системы предполагает типизацию ее элементов. Применительно к методическому

обеспечению САПР поршня ДВС типовыми на сегодня являются маршруты поддержания проекта, представленные на рис. 2-4. При этом, как видно из приведенного выше анализа отсутствует типизация входных данных моделирования. Применительно к задачам гарантированного обеспечения ресурса и работе конструкции на пределе прочности, а также с учетом минимизации объемов натурных испытаний в блоке 13 рис.2 и блоке 11 рис.3 на основе ранее выполненных исследований [16-20] предлагается схема задания выходных данных для анализа конструкции, используемая в блоке 1 рис. 4. Разра-

ботанная схема представлена в табл. 1.

Методология использования данной схемы заключается в следующем. Первоначально принимаются наиболее упрощенные варианты входных данных, после чего осуществляется их поэтапное усложнение в направлениях таблицы по строкам слева направо и столбцам сверху вниз. При этом в типовой маршрут анализа прочности поршня добавляется блок анализа напряженно-деформированного состояния поршня на установленном режиме, размещаемый между блоками 2 и 3 рис.4.

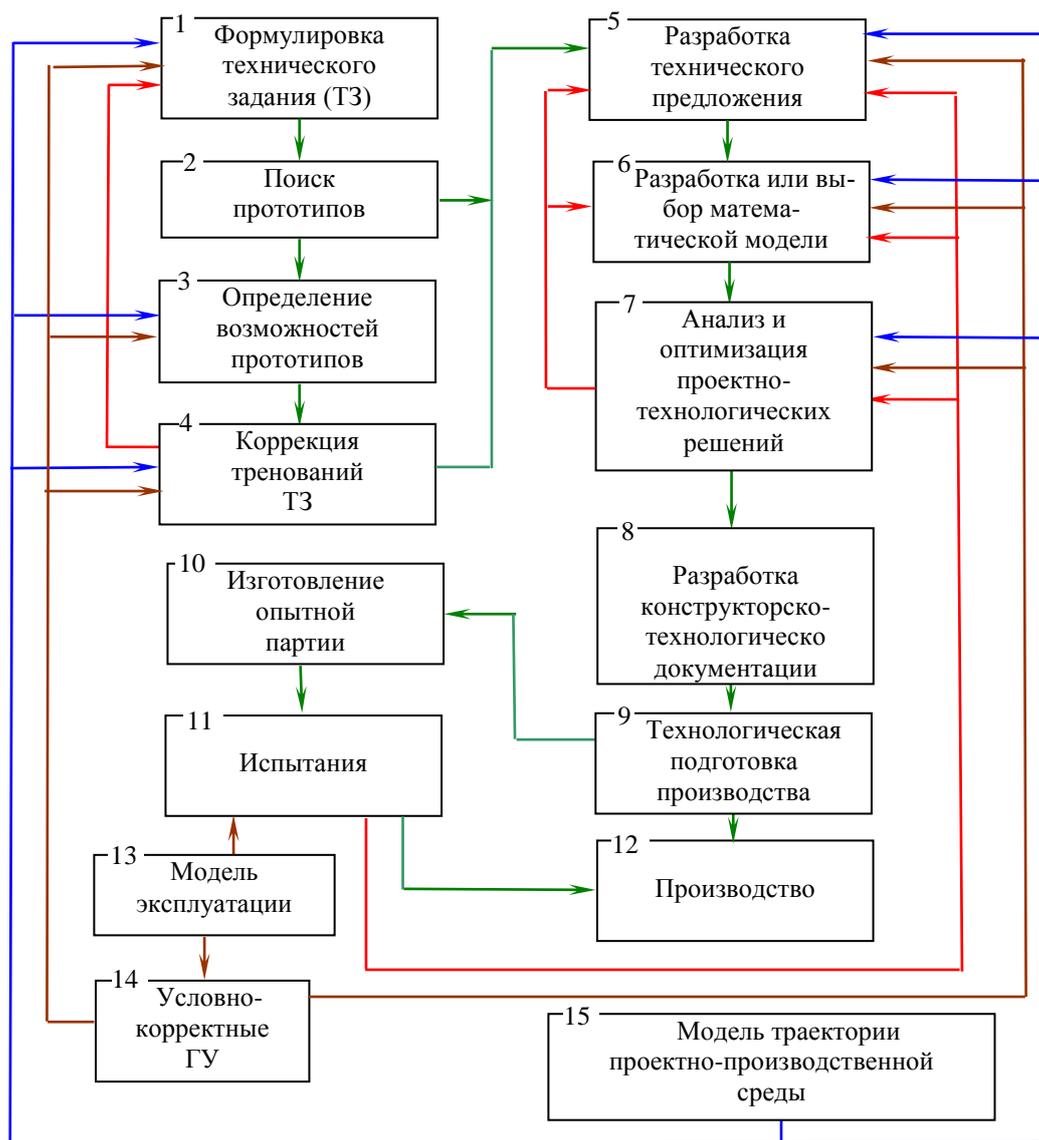


Рис. 3. Маршрутизация сквозной поддержки проекта поршня в автоматизированных системах его проектирования, технологической подготовки производства и промышленного проектирования

Если результаты применения предыдущей и последующей моделей по критериям стационарного температурного и напряженно-деформированного состояния совпадают, переходят к анализу температурного и напряженно-

деформированного состояния поршня в переходном процессе нагружения двигателя (блоки 3,4). Если результаты применения предыдущей и последующей моделей совпадают, принимают более простую модель. В противном случае осуществля-

ют полный анализ конструкции с использованием маршрута проектирования 1-5 согласно рис. 4. Если результаты ресурсной прочности в блоке 5 можно считать совпадающими, принимают более простую модель данных, в противном случае осуществляют дальнейшее их усложнение.

Если на этапе анализа стационарные температурное и (или) напряженно-деформированное состояние поршня не совпадают, сразу переходят к полному анализу конструкции с использованием маршрута проектирования 1-5.

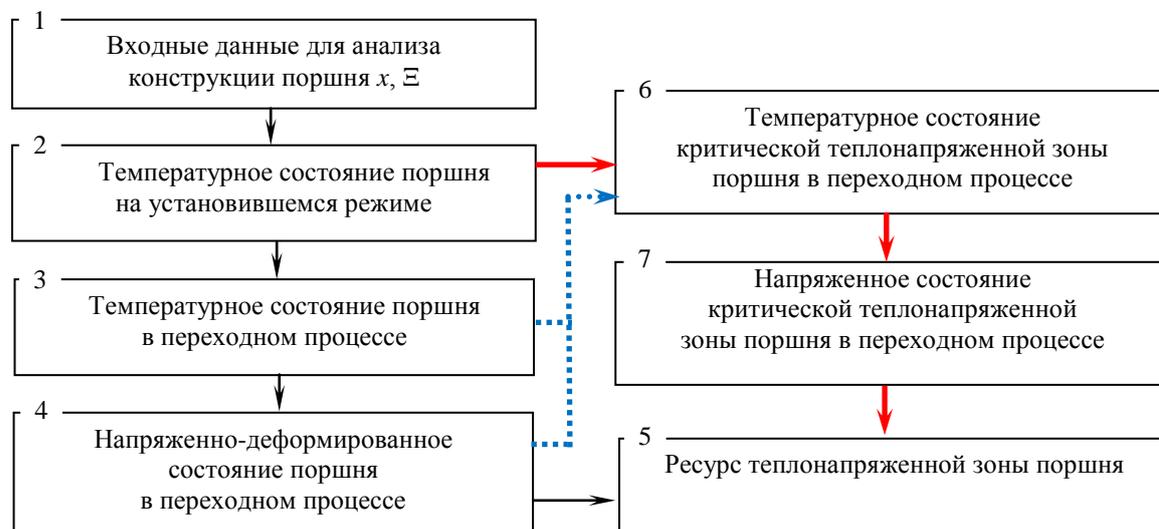


Рис. 4. Маршрутизация процесса анализа прочности поршня

Таблица 1. Варианты задания входных данных в системе анализа прочности поршня

<b>Особенности геометрической модели</b>		
Упрощенная модель		Детализированная модель
<b>Особенности расчетной модели</b>		
Часть геометрической модели, отсеченная плоскостями, проходящими через ось цилиндра вдоль и поперек оси коленчатого вала	Часть геометрической модели, отсеченная плоскостью, проходящей через ось цилиндра вдоль либо поперек оси коленчатого вала	Полная геометрическая модель
<b>Особенности модели эксплуатации</b>		
Наиболее тяжелый эксплуатационный переходный процесс	Экономичная модель эксплуатации, содержащая сокращенный набор представительных переходных процессов	Полная модель эксплуатации
<b>Граничные условия стационарной задачи теплопроводности</b>		
Симметричные ГУ		Несимметричные ГУ
<b>Управляющие функции ГУ нестационарной задачи теплопроводности</b>		
Ступенчатая функция		Плавная функция

После обоснования выбранной модели данных осуществляют разработку аналитических эмпирических моделей теплонапряженного состояния исследуемой зоны поршня в блоках 6,7, например, согласно методике [14].

В результате пользователь САПР получает возможность достоверного получения результата при использовании экономичного маршрута проек-

тирования, определяемого блоками 1,2,6,7,5.

Следует заметить, что обобщенные данные табл.1 при решении конкретных задач проектирования имеют свои особенности детализации. Так детализированная геометрическая модель может учитывать наличие выборок под клапаны на днище поршня. Особенно важен этот учет в зоне кромки КС поршня [18]. Разработка экономичных моделей

эксплуатации рассмотрена, например, в [19]. Граничные условия задач теплопроводности могут учитывать такие факторы как уровень нагрузки, частоту вращения коленчатого вала, угол опережения подачи топлива, наличие регулируемого охлаждения поршня [20]. Вид управляющих функций ГУ нестационарной задачи теплопроводности зависит от рассматриваемой зоны поршня, рассматриваемого переходного процесса в соответствии с выбранной моделью эксплуатации, а также времени переходного процесса [21]. Учет перечисленных влияющих факторов также должен быть включен в маршрут анализа входных данных.

#### Выводы

Совершенствование конструкций поршней ДВС в условиях устойчивой тенденции увеличения уровня форсирования двигателей усложняет задачу обеспечения заданного ресурса кромок КС. При этом необходимый уровень физической надежности конструкций должен быть обеспечен на стадии их проектирования, при уменьшении общего времени разработок, затрат на разработки и сокращении объемов натурных испытаний.

При использовании достаточно эффективных математических моделей и программных комплексов особое внимание следует уделять методическому обеспечению САПР в части совершенствования маршрутов проектирования технических объектов.

Анализ известных вариантов методического обеспечения САПР поршня ДВС показал, что достоверность результатов проектирования на сегодня определяется качеством выбранных решений в части подготовки входных данных. В работе предложена обобщенная схема формирования данных различного уровня детализации и методология их использования.

Предложенное совершенствование методического обеспечения САПР поршня ДВС направлено на повышение эффективности процесса проектирования при обеспечении результатов проектирования, соответствующих современным тенденциям перехода от концепции гарантированного обеспечения ресурса к концепции работы конструкции на пределе прочности.

#### Список литературы:

1. *Повреждения поршней – как выявить и устранить их / Motor Marketing DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn, 2 изд., – 2010. – 92 с.* 2. *DFCDIESEL. – Режим доступа: <http://www.dfcdiesel.com/warranty-info/failure-analysis>.* 3. *Справочник по САПР / А.П. Будя, А.Е. Кононюк, Г.П. Куценко, А.А. Лященко и др. / Под ред. В.И. Скурехина. – К.: Техника, 1988. – 375 с.* 4. *Гельмерих Р. Введение в автоматизированное проектирование:*

*Пер с нем. / Р. Гельмерих, П. Швиндт / Под ред. В.Н. Фролова. – М.: Машиностроение, 1990. – 176 с.* 5. *Special report object-oriented technology // Solutions. – 1995. – №3 – 16 Р.* 6. *SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачки, Е.В. Одинцов и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.* 7. *Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. Часть 2./ А.А. Алямовский. – М.: ДМК-Пресс, 2010. – 464 с.* 8. *Марченко А.П. Моделирование нестационарного высокочастотного температурного stanu поршня ДВЗ з теплоізоляванною поверхнею камери згоряння / А.П. Марченко, В.В. Пылев // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – № 2. – С. 41-47.* 9. *Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 4. Основи САПР ДВЗ. / А.Ф. Шеховцов, В.О. Пильов. – Харків: ВАТ «Видавництво «Прапор», 2004. – 336 с.* 10. *Хог Э. Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции: Пер. с англ./ Э. Хог, Я. Арора. – М.: Мир, 1983. – 478 с.* 11. *Петренко А.И. Основы построения систем автоматизированного проектирования./ А.И. Петренко, О.И. Семенов. – К.: Вища шк., 1985. – 294 с.* 12. *Нуджихин В.Г. Системы автоматизированного проектирования: создание и внедрение. / В.Г. Нуджихин, А.Л. Беседин. – М.: Знание, 1984. – 64 с.* 13. *Программно-информационные комплексы автоматизированных производственных систем / С.А. Клейменов, С.Н. Рябов, С.А. Барбашов, А.И. Павленко / Под ред. С.А. Клейменова. – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с.* 14. *Пильов В.О. Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності / В.О. Пильов. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332 с.* 15. *Белозуб А.В. Поддержка жизненного цикла тонкостенных поршней ДВС на основе технологии интегрированного проектирования и производства / А.В. Белозуб // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №3. – С. 27-40.* 16. *Пылев В.А. Особенности термомеханического нагружения и учета ресурсной прочности тонкостенного поршня бензинового ДВС / В.А. Пылев, А.В. Белозуб // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – №2. – С. 74-81.* 17. *Pylyov V. Analysis of temperature state and simulation of piston in diesel engines using computer-aided design / V. Pylyov, R. Aryan, I. Nesterenko // Industrial Technology and Engineering. – 2015. – № 2. – P. 21-28.* 18. *Пылев В.А. Оценка теплонапряженности поршня с учётом конструктивных особенностей в зоне кромки камеры сгорания / В.А. Пылев, Р. Ариан // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – №2. – С. 47-52.* 19. *Пылев В.А. Разработка теоретических стационарных экономических моделей эксплуатации автотракторных дизелей для системы прогнозирования ресурсной прочности поршней / В.А. Пылев, В.В. Матвеев // Грузовик. – 2011. – Вып. 3. С. 6-8.* 20. *Клименко О.М. Експериментальне дослідження можливості покращення еколого-економічних показників та надійності транспортного дизеля / О.М.Клименко, В.О.Пильов, С.В.Обозний, О.М.Ломакін // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – №2. – С. 36-41.* 21. *Шеховцов А.Ф. Напряженно-деформированное состояние поршня быстроходного дизеля при нестационарных нагружениях / А.Ф. Шеховцов, П.П. Гонтаровский, Ф.И. Абрамчук и др. // Двигатели внутреннего сгорания. – 1989. – Вып. 49. – С. 20-26.*

#### Bibliography (transliterated):

1. *Piston damages - how to identify and eliminate them*

(2010), [Povrezhdeniya porshney – kak vyiyavit i ustranit ih 2izd], Motor Marketing DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn, 92 p. 2. DFCDIESEL, available at: <http://www.dfcdiesel.com/warranty-info/failure-analysis> 3. Budya A.P., Kononyuk A.E., Kutsenko G.P., Lysachenko A.A. and oth., edited by Skurikhina V.I. (1988), CAD Directory [Spravochnik po SAPR], K., Technic, 375 p. 4. Gelmerih R., Shvindt P. edited by Frolova V.N. (1990), Introduction to computer-aided design. Trans. from Ger. [Vvedenie v avtomatizirovanoe proektirovanie: Per s nem.], M., Engineering, 176 p. 5. (1995), Special report object-oriented tehnology, Solutions 3ed, 16 p. 6. Alyamovskiy A.A., Sobachki A.A., Odintsov E.V. and oth (2005), SolidWorks. Computer modeling in engineering practice [SolidWorks. Kompyuternoe modelirovanie v inzhenernoy praktike], SPb, BHV-Peterburg, 800 p. 7. Alyamovskiy A.A. (2010), Engineering calculations in SolidWorks Simulation Part 2 [Inzhenernyye rascheti v SolidWorks Simulation. Chast 2.], M., DMK-Press, 464 p. 8. Marchenko A.P., Pyilev V.V. (2015), "Simulation of unsteady state of high temperature piston ICE insulated from the surface of the combustion chamber" ["Modelyuvannya nestatsionarnogo visokochastotnogo temperaturnogo stanu porshnya DVZ z teploizolovanoyu poverhneyu kameri zgoriyannya"], Internal combustion engines, No.2 pp. 41-47. 9. Shehovtsov A.F., Pilov V.O. (2004), Internal combustion engines series of textbooks in 6 volumes. T. 4. Fundamentals CAD ICE [Dviguni vnutrishnogo zgoriyannya: Seriya pidruchnikiv u 6 tomah. T. 4. Osnovi SAPR DVZ], Kharkov, Publisher 'Flag', 336 p. 10. Hog E., Arora Ya. (1983), Applied optimal design: Mechanical systems and design [Prikladnoe optimalnoe proektirovanie: Mehanicheskie sistemy i konstruksii: Per. s angl.], M., Peace, 478 p. 11. Petrenko A.I., Semenov O.I. (1985), Fundamentals of computer-aided design [Osnovy postroeniya sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya], K., High sch., 294 p. 12. Nudzhihin V.G., Besedin A.L. (1984), Computer-aided design: the creation and implementation [Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya: sozhanie i vnedrenie], M., Science, 64 p. 13. Kleymenov S.A., Ryabov S.N., Barbashov S.A., Pavlenko A.I. edited by Kleymenova S.A. (1990), Software and information systems of automated manufacturing systems [Programmno-informatsionnyye kompleksy avtomatizirovannykh proizvodstvennykh sistem], M., High sch., 24 p.

14. Pilov V.O. (2001), Computer-aided design piston speed diesel engines with a specified level of long-term strength [Avtomatizovane proektuvannya porshniv shvidkohidnih dizeliv iz zadanim rivnem trivaloyi mitsnosti], Kharkov, Publishing Center of NTU "KhPI", 332 p. 15. Belogub A.V. (2010) "Support life cycle of thin-walled piston internal combustion engine, based on technology integrated projecting and production" ["Podderzhka zhiznennogo tsikla tonkostennykh porshney DVS na osnove tehnologii integrirovannogo proektirovaniya i proizvodstva"], Eastern European advanced technology magazine, No.3, pp. 27-40. 16. Pyilev V.A., Belogub A.V. (2010), "Features thermomechanical loading and scientists-that the resource strength of thin-walled piston petrol ICE" ["Osobennosti termomehanicheskogo nagruzheniya i ucheta resursnoy prochnosti tonkostennogo porshnya benzinovogo DVS"], Internal combustion engines, No.2, pp. 74-81. 17. Pylyov V., Aryan R., Nesterenko I. (2015), "Analysis of temperature state and simulation of piston in diesel engines using computer-aided design", Industrial Technology and Engineering No. 2. pp. 21-28. 18. Pyilev V.A., Aryan R. (2015), "Evaluation of thermal stress of the piston, taking into account the structural features in the area of the combustion chamber edge" ["Otsenka teplonapryazhennosti porshnya s uchytom konstruktivnykh osobennostey v zone kromki kameryi sgoraniya"], Internal combustion engines No.2, pp. 47-52. 19. Pyilev V.A., Matveenko V.V., (2011), "Development of theoretical models of stationary fuel-efficient operation of automotive diesel engines for resource pistons strength prediction system" ["Razrabotka teoreticheskikh statsionarnykh ekonomichnykh modeley ekspluatatsii avtotraktornykh dizeley dlya sistemy prognozirovaniya resursnoy prochnosti porshney"], Truck, No.3, pp. 6-8. 20. Klimenko O.M., Pilov V.O., Oboznii S.V., Lomakin O.M. (2015), ["Eksperimentalne doslidzhennya mozhlivosti pokraschennya ekologo-ekonomichnykh pokaznikov ta nadiynosti transportnogo dizelya"], Internal combustion engines, No.2, pp. 36-41. 21. Shehovtsov A.F., Gontarovskiy P.P., Abramchuk F.I. and oth. (1989), ["Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie porshnya bystrohodnogo dizelya pri nestatsionarnykh nagruzheniyah"], Internal combustion engines, No.49, pp. 20-26.

Поступила в редакцию 02.06.2016 г.

**Пыльов Владимир Александрович** – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедры двигателя внутреннего сгорания Национального технического университета «ХПИ», Харьков, Украина, e-mail: [pylyov@meta.ua](mailto:pylyov@meta.ua).

**Нестеренко Ирина Александровна** – аспирант кафедры двигателя внутреннего сгорания Национального технического университета «ХПИ», Харьков, Украина, e-mail: [irka13n@bigmir.net](mailto:irka13n@bigmir.net).

**Ариан Расул** – аспирант кафедры двигателя внутреннего сгорания Национального технического университета «ХПИ», Харьков, Украина, e-mail: [rasoul.aryan6970@gmail.com](mailto:rasoul.aryan6970@gmail.com).

## ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САПР ПОРШНЯ ДВЗ

*В.О. Пильов, Р. Ариан, І.О. Нестеренко*

У роботі виконано аналіз відомих підходів і схем з підтримки автоматизованого проектування двигунів внутрішнього згорання з урахуванням підвищення ефективності процесу проектування. Розглянуто відомі особливості проходження проекту поршня ДВЗ в САПР. На основі аналізу конструкцій поршнів дизелів, умов їх теплообміну з боку камери згорання і впливу термонапруженого стану на процес руйнування кромки камери згорання поршня уточнені етапи аналізу конструкцій поршнів і порядок їх проходження в багатоступінній САПР з урахуванням багатоваріантності деталізації вихідних даних.

## PERFECTION OF METHODOLOGICAL SOFTWARE CAD PISTON ICE

*V. Pyilev, R. Aryan, I. Nesterenko*

In work the analysis of known approaches and schemes to support the automated design of internal combustion engines with a view of improving the efficiency of the design process. Notable features are considered passing piston combustion engine project in CAD. Based on the analysis of constructions of Pistons of diesel engines, their conditions of heat transfer from the combustion chamber and the effect of Thermo-Stressed State on the degradation process of the edge of the combustion chamber of a piston refined analysis stages of constructions of pistons and the manner of their passing in a multi-stage CAD taking into account the diversity of detail of source data.