

- Сформулирована *постановка ОЗ упругости применительно к ресурсному проектированию* поршней легкотопливного ДВС.

- Предложен ряд моделей различной сложности НДС поршней легкотопливных ДВС, установлен *достаточный уровень сложности модели поршня, соответствующий этапу проектирования.*

- Определены *корректные ГУ* для каждой выбранной модели нагружения поршня. Установлены зоны корректного моделирования НДС при использовании моделей различной сложности.

- Предложены *эмпирические зависимости параметров ГУ* от геометрических параметров поршня и поршневого пальца.

- Разработаны и обоснованы *методы исследования НДС* поршня легкотопливного ДВС.

Предложенная методика проектирования была апробирована и нашла свое практическое применение на ОАО "АВТРАМАТ". С её помощью был спроектирован ряд поршней для двигателей автомобилей ВАЗ, МеМЗ, ГАЗ и УАЗ, которые успешно прошли ресурсные испытания и были приняты к серийному производству. Данные методы могут быть легко адаптированы и применены в различных отраслях техники с целью оптимизации трудовых и машинных ресурсов, снижения стоимости проектных работ и повышения их общей эффективности.

Список литературы:

1. Автомобильные двигатели / под ред. д-ра техн. наук И.С. Ховаха. – [2-е изд., перераб. и доп.] – М.: Машино-

строение, 1977. – 592 с. 2. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей: [учебник для студентов ВТУЗов, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания"] / [Вырубов Д.Н., Ефимов С.И., Иващенко Н.А. и др.]; под ред. А.С. Орлина, М.Г.Круглова. – [изд. перераб. и доп.] – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с. 3. Белогуб А.В. Исследование температурного поля поршня. / А.В. Белогуб, А.Г. Щербина, А.А. Зотов, Ю.А. Гусев // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2002. – Вып. 31. – С. 120-123. 4. Белогуб А.В. Расчетно-экспериментальное формирование образующей поршня тепловозного дизеля. / А.В. Белогуб, А.Г. Щербина, А.А. Зотов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2001. – Вып. 26. – С. 100-102. 5. Егоров Я.А. Исследование температурного поля деталей ЦПГ высокооборотного двухтактного ДВС / Я.А. Егоров, К.А. Коваленко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2001. – Вып. 26. Тепловые двигатели и энергоустановки. – С. 96-99. 6. Гусев Ю.А. Тензорезистор для оценки напряженно-деформированного состояния поршня двигателя внутреннего сгорания / Ю.А. Гусев, Д.Ф. Симбирский, А.В. Белогуб, А.А. Зотов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Вып. 34. – С. 185-187. 7. Зотов А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния поршня / А.А. Зотов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2003. – Вып. 42/7. – С. 165-167. 8. Ворожейнов А.И. Разработка конструкции и исследование теплонапряженного состояния поршня дизеля для энергонасыщенного трактора: дис. ... кандидата технических наук. / А.И. Ворожейнов. – Харьков, 1990. 9. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний: ГОСТ 14846-81 (СТ СЭВ 765-77). – М.: Государственный комитет СССР по стандартам. – (Издание официальное). 10. Олейник А.В. Экспериментально-расчетные методы определения силовых граничных условий решением обратной задачи теории упругости / А.В. Олейник, А.А. Зотов, Ю.А. Гусев, А.В. Белогуб // *Вестник двигателестроения*. – 2004. – №2 – С.109-112.

УДК 621.892

**В.Д. Суховерхов, канд. техн. наук, А.Д. Стахурский, инж.,
О.А. Македонский, канд. техн. наук, С.А. Алёхин, канд. техн. наук,
Н.В. Клименко, инж., Г.В. Щербаненко, инж.**

МОТОРНОЕ МАСЛО ДЛЯ ФОРСИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Совершенствование конструкции и дальнейшее повышение мощностных и экономических показателей транспортных двигателей военно-гусеничных машин (ВГМ) неразрывно связаны с качеством применяемых моторных масел.

Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению разработало семейство дизелей для бронетехники типа 3ТД, 5ТДФМА, 6ТД-2Е, которые по удельным характеристикам находятся на уровне

лучших мировых образцов. Стремление получить большую мощность в сочетании с малыми габаритными размерами, массой и теплоотдачей двигателя приводит к необходимости решать задачу обеспечения надежной работы с высокой литровой мощностью, которая на современном этапе достигает 60 кВт/л и выше. На протяжении многих лет в двигателях ВГМ применялось моторное масло М-16 ИХП-3, на смену которому в 1997 году в Украине было соз-

дано масло Галол М-4042 ТД, [1]. Это масло успешно использовалось, однако дальнейшая форсировка двигателей (более 55 кВт/л) предъявляет к качеству масла повышенные требования. Для перспективных дизелей масло должно иметь более высокий уровень моюще-диспергирующих, антинагарных свойств и термоокислительной стабильности для предотвращения нагарообразования на деталях цилиндро-поршневой группы (ЦПГ), газораспределительных механизмах и выпускных коллекторах и, тем самым, способствовать стабильности мощностных и экономических показателей двигателя при длительной работе. Кроме того, для обеспечения надежной работы деталей цилиндро-поршневой группы с жаровым неразрезным кольцом и накладкой на поршне масло должно иметь более высокий запас противоизносных, антикоррозионных и противозадирных свойств, а также не приводить к образованию твердых зольных отложений на деталях ЦПГ и газового выпускного тракта [2,3].

При разработке нового образца моторного масла, предназначенного для уровня форсирования двигателей 60 кВт/л и выше, были проведены исследования по подбору базовых компонентов и композиции присадок, которые могли бы обеспечить соответствие масла предъявляемым требованиям. В состав масла были включены нейтральный алкилсалицилат кальция, сульфонат бария, беззольная антиокислительная присадка, фенат кальция, сукцинимид. Для улучшения антиокислительных и антикоррозионных свойств масла при высоких температурах была специально разработана новая комплексная цинк-, барийсодержащая дитиофосфатная присадка. Разработанное масло АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ имеет большие значения щелочного числа и зольности в сравнении с маслами М-16 ИХП-3 и Галол М-4042 ТД, а также лучшие низкотемпературные свойства, таблица 1.

Таблица 1. Физико-химические показатели масел

Наименование показателей	Моторное масло		
	М-16 ИХП-3	Галол М-4042 ТД	АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ
Вязкость кинематическая при 100 ⁰ С, мм ² /с	15,5...16,5	15,5...16,5	15,3...16,3
Щелочное число, мг КОН/г масла	4,2	4,5	6,0
Зольность сульфатная, %	1,25	1,25	1,60
Температура застывания, ⁰ С	минус 25	минус 25	минус 30
Массовая доля активных элементов, %			
- бария	0,60	0,60	0,50
- цинка	-	-	0,1

Масло АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ совместимо с моторными маслами М-16 ИХП-3, Галол М-4042 ТД и синтетическим маслом М-8В₂С, что позволяет переходить с одной марки масла на другую в процессе эксплуатации без дополнительной промывки масляной системы.

Опытные образцы масла АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ прошли отборочные испытания на двигателе 1ЧН 8/11, после чего образец оптимального состава

был рекомендован к дальнейшим испытаниям. Этот образец был испытан в одноцилиндровом отсеке двигателя 5ТДФ (ОЦУ-456) в объеме 100 часов. По результатам испытаний масло АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ имеет лучшие противоизносные и антикоррозионные свойства в сравнении с маслом Галол М-4042 ТД (относительные скорости поступления элементов-индикаторов износа в масло – железа, хрома и свинца меньше 1,0), таблица 2.

Таблица 2. Относительные скорости поступления продуктов износа в масло при испытаниях двигателя ОЦУ-456

Моторное масло	Относительная скорость накопления продуктов износа			
	$\bar{V}_{Fe}$	$\bar{V}_{Cr}$	$\bar{V}_{Cu}$	$\bar{V}_{Pb}$
Галол М-4042 ТД (штатное)	1,0	1,0	1,0	1,0
АЗМОЛ Гарант М-4042 ВТ	0,65	0,56	1,0	0,50

Ускоренные испытания масла АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ в двигателе 5ТДФ проводились по специальным методикам, позволяющим интенсифицировать процессы «старения» масла, лако- и нагарообразования на деталях цилиндрико-поршневой группы двигателя, а также увеличивать скорость их изнашивания.

По результатам ускоренных испытаний масло АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ по моюще-диспергирующим и антинагарным свойствам значительно превосходит моторные масла М-16 ИХП-3 и Галол М-4042 ТД. Так, суммарная осредненная оценка степени загрязнения деталей двигателя 5ТДФ составила 15,3 балла (для масла М-16 ИХП-3 - 54,2, для масла Галол М-4042 ТД - 27,2 балла).

Противоизносные и антикоррозионные свойства масла определяли в процессе сравнительных краткосрочных испытаний двигателя 5ТДФ на опытном и штатных маслах по скорости износа зеркала цилиндров, жаровых и уплотнительных колец, корпусов поршней и вкладышей подшипников коленчатых валов, определяемой спектральным методом по интенсивности поступления элементов-индикаторов износа в моторное масло. По этим данным противоизносные свойства масла

АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ находятся на уровне масел М-16 ИХП-3 и Галол М-4042 ТД, по антикоррозионным свойствам разработанное масло превосходит штатные масла.

Высокие эксплуатационные свойства масла АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ подтверждены результатами длительных стендовых испытаний в двигателе 6ТД-2Е в объеме гарантийной наработки. Испытания были проведены в «жестких» условиях при температуре воздуха на входе в двигатель 25...35⁰С и температуре масла в объеме 130...135⁰С. На протяжении всего периода испытаний мощностные и экономические показатели двигателя находились в допустимых пределах, смена масла не проводилась, физико-химические показатели изменялись незначительно.

При разборке двигателя установлено, что состояние деталей по лако-, нагароотложениям как с выхлопной (Вх), так и с продувочной (Пр) стороны значительно лучше, чем при работе на штатных маслах, таблица 3. По результатам микрометража износ деталей незначительный - геометрические размеры рабочих поверхностей цилиндра, поршней, пальцев и втулок верхней головки шатуна соответствовали требованиям конструкторской документации.

Таблица 3. Сравнительные данные результатов испытаний моторных масел

Оценочные показатели	Сторона	Уровень форсирования двигателя		
		37,8 кВт/л	45,1 кВт/л	55,0 кВт/л
		Моторное масло		
		М-16 ИХП-3	Галол М 4042 ТД	АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ
<u>Оценка золо-, лако-, нагароотложений на деталях ЦПГ</u>				
Средняя закоксованность окон цилиндров, %	Вх	9,4	6,9	0
	Пр	лак	лак	лак
Чистота корпусов поршней, баллы	Вх	2,35	1,46	0,8
	Пр	2,0	2,31	1,2
<u>Оценка износа деталей двигателя</u>				
Износ жаровых колец, мкм	Вх	25	28	21
	Пр	25	10	15
Износ корпусов поршней, мкм	Вх	40	10	10
	Пр	24	10	6
Износ цилиндров, мкм	Вх	38	27	27
	Пр	24	7	7

Выводы

Проведенные исследования и испытания показывают эффективность разработанной композиции

присадок и базовой основы, обеспечивших высокий уровень моюще-диспергирующих, антинагарных, антиокислительных, противоизносных и противо-

коррозионных свойств нового моторного масла АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ, что позволило получить лучшие результаты даже при применении его в более форсированном двигателе 6ТД-2Е (55 кВт/л).

Решением технического комитета «НАФТА-СТАНДАРТ» Украины масло АЗМОЛ ГАРАНТ М-4042 ВТ допущено к применению в качестве основного для двух- и четырехтактных форсированных транспортных двигателей ВГМ, промышленное про-

изводство этого масла организовано в ОАО «АЗМОЛ», г. Бердянск, Запорожской области.

Список литературы:

1. Рязанцев Н.К. Химия и технология топлив и масел / Н.К. Рязанцев, Ю.С. Бородин, В.З. Бычков, Н.В. Клименко, Г.В. Щербаненко // Химия и технология топлив и масел. – 2002. – №5. – с.12 – 14.
2. Гуреев А.А. Химмотология / Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лаихи В.Л. – М.: «Химия», 1986. – 264 с.
3. Анисимов И.Г. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение / Анисимов И.Г., Бадыштова К.М., Бнатов С.А.; под ред. В.М. Школьников. – Донецк: «Техинформ», 1999, 232 с.

УДК 621.18

Е.Б. Медведев, инж., Л.Ш. Шустер, д-р техн. наук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА СВЕЧИ ЗАЖИГАНИЯ ДВС

Введение

Широкое распространение в автомобилестроении получили в настоящее время искровые свечи зажигания с биметаллическим центральным электродом. Биметаллический электрод представляет собой конструкцию, состоящую из высокотеплопроводного медного сердечника и жаростойкой никелевой оболочки, закрывающей боковую и торцевую поверхность сердечника. Такой электрод увеличивает теплопроводность свечи в целом и, тем самым, улучшает её тепловую характеристику и повышает надёжность [1]. Получают биметаллический электрод методом холодного прямого выдавливания составных заготовок.

Биметаллический электрод в отличие от монометаллического обладает ещё одним важным достоинством, которое заключается в том, что эффективная теплопроводность биметаллического электрода, как и любого композиционного материала, зависит от относительных объёмов составляющих его компонентов – оболочки и сердечника [2]. Это свойство биметаллического электрода может быть использовано для подбора тепловых характеристик свечей зажигания, которые существенным образом зависят от теплопроводности центрального электрода. Такая зависимость показана на рис.1, где оценочным критерием тепловой характеристики свечи служит калильное число (КЧ) [3]. Из рисунка следует, что при

изменении теплопроводности электрода КЧ свечи может изменяться до 12 ед.

В соответствии со стандартной методикой изменение тепловых характеристик свечей зажигания осуществляется путём изменения размеров теплового конуса изолятора при фиксированных размерах центрального электрода [1].

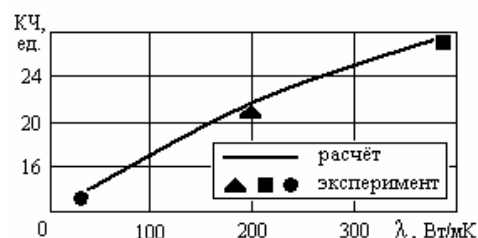


Рис.1. Зависимость калильного числа (КЧ) свечи зажигания от теплопроводности λ материала центрального электрода:

● – сплав Х25Т; ▲ – алюминий АД1; ■ – медь М1;

В отличие от указанной методики применение биметаллического электрода даёт возможность управлять тепловыми характеристиками свечей зажигания, не прибегая к изменению размеров теплового конуса изолятора, что позволяет сократить затраты и время на подбор тепловых характеристик свечей зажигания и повысить уровень технологичности их конструкции.

Для использования предлагаемой методики необходимо определить закономерности изменения эффективной теплопроводности биметаллического