

УДК 621.43

Н.А Кузьмин<sup>1</sup>, В.В. Зеленцов<sup>1</sup>, И.О. Донато<sup>2</sup>**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ**Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева<sup>1</sup>,  
Управление автомагистрали “Москва - Н.Новгород”<sup>2</sup>

Одним из резервов повышения показателей эксплуатационной надежности ДВС является снижение отложений нагаров, лаков и осадков на поверхностях их деталей, контактирующих с моторным маслом. В основе их образования лежат процессы старения масел (окисление углеводов, входящих в состав масляной основы). Определяющее влияние на процессы окисления масла в двигателях, на образование отложений и эффективность работы ДВС в целом оказывает тепловой режим теплонагруженных деталей.

*Ключевые слова:* температура, поршень, цилиндр, моторное масло, отложения, нагар, лак, работоспособность, надежность.

Отложения на поверхностях деталей ДВС делятся на три основных вида – нагары, лаки и осадки (шламы) [1, 2].

*Нагар* – твердые углеродистые вещества, откладывающиеся во время работы двигателя на поверхностях камеры сгорания (КС). При этом отложения нагаров, главным образом, зависят от температурных условий даже при аналогичном составе смеси и одинаковой конструкции деталей двигателей. Нагар оказывает весьма существенное влияние на протекание процесса сгорания топливоздушнoй смеси в двигателе и на долговечность его работы. Почти все виды ненормального сгорания (детонационное сгорание, калильное воспламенение и прочие) сопровождаются тем или иным влиянием нагара на поверхностях деталей, образующих КС.

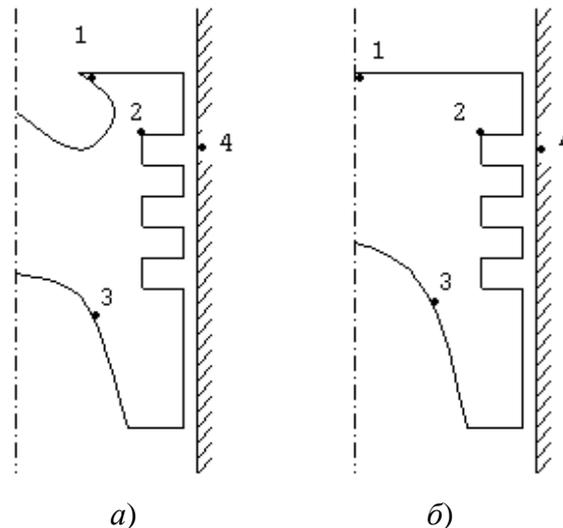
*Лак* – продукт изменения (окисления) тонких масляных пленок, растекающихся и покрывающих детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ) двигателя под действием высоких температур. Наибольший вред для ДВС наносит лакообразование в зоне поршневых колец, вызывая процессы их закоксовывания (залегания с потерей подвижности). Лаки, откладывающиеся на поверхностях поршня, контактирующих с маслом, нарушают должную теплопередачу через поршень, ухудшают теплоотвод от него.

На количество осадков (шлатов), образующихся в ДВС, решающее влияние оказывает качество моторного масла, температурный режим деталей, конструкционные особенности двигателя и условия эксплуатации. Отложения этого типа наиболее характерны для условий зимней эксплуатации, интенсифицируются при частых пусках и остановках двигателя.

Тепловое состояние ДВС оказывает определяющее влияние на процессы образования различных видов отложений, прочностные показатели материалов деталей, выходные эффективные показатели двигателей, процессы изнашивания поверхностей деталей. В этой связи необходимо знать пороговые значения температур деталей ЦПГ, по крайней мере, в характерных точках, превышение которых приводит к указанным ранее негативным последствиям.

Температурное состояние деталей ЦПГ ДВС целесообразно анализировать по значениям температур в характерных точках, расположение которых показано на рис. 1 [1].

Значения температур в данных точках следует учитывать при производстве, испытаниях и доводке двигателей для оптимизации конструкций деталей, при выборе моторных масел, при сравнении тепловых состояний различных двигателей, при решении целого ряда других технических проблем конструирования и эксплуатации ДВС.



**Рис. 1. Характерные точки цилиндра и поршня ДВС при анализе их температурного состояния для дизельных (а) и бензиновых (б) двигателей**

Эти значения имеют критические уровни:

1. Максимальное значение температур в точке 1 (в дизельных двигателях – на кромке КС, в бензиновых – в центре доньшка поршня) не должно превышать  $350^{\circ}\text{C}$  (кратковременно,  $380^{\circ}\text{C}$ ) для всех серийно применяемых в автомобильном двигателестроении алюминиевых сплавов, иначе происходит оплавление кромок КС в дизелях и, нередко, прогар поршней в бензиновых двигателях. Ко всему прочему высокие температуры огневой поверхности днища поршня вызывают образование нагаров высокой твердости на этой поверхности. В практике двигателестроения это критическое значение температуры удается повышать путем добавления в поршневой сплав кремния, бериллия, циркония, титана и других элементов. Недопущение превышения критических значений температур в этой точке, равно как и в объемах деталей ДВС, обеспечивается также путем оптимизации их форм и правильной организацией охлаждения. Превышение температурами деталей ЦПГ двигателей допустимых значений обычно является основным сдерживающим фактором для форсирования их по мощности. По температурным уровням следует иметь определенный запас с учетом возможных экстремальных условий эксплуатации.

2. Критическое значение температур в точке 2 поршня – над верхним компрессионным кольцом (ВКК) –  $250\text{...}260^{\circ}\text{C}$  (кратковременно, до  $290^{\circ}\text{C}$ ). При превышении этой величины все массовые моторные масла коксуются (происходит интенсивное лакообразование), что приводит к «залеганию» поршневых колец, то есть потере их подвижности, и в результате – к существенному уменьшению компрессии, увеличению расхода моторного масла и др. [2].

3. Предельное максимальное значение температур в точке 3 поршня (точка расположена симметрично по сечению головки поршня на внутренней его стороне) –  $220^{\circ}\text{C}$ . При более высоких температурах на внутренней поверхности поршня происходит интенсивное лакообразование. Лаковые отложения, в свою очередь, являются мощным тепловым барьером, препятствующим теплоотводу через масло. Это автоматически приводит к повышению температур во всем объеме поршня, а значит, и на поверхности зеркала цилиндра.

4. Максимально допустимое значение температур в точке 4 (расположена на поверхности цилиндра, напротив места остановки ВКК в ВМТ) –  $200^{\circ}\text{C}$ . При его превышении моторное масло разжижается, что приводит к потере стабильности образования масляной пленки на зеркале цилиндра и «сухому» трению колец по зеркалу. Это вызывает интенсификацию молекулярно-механического изнашивания деталей ЦПГ.

С другой стороны, известно, что пониженная температура стенок цилиндра (ниже точки росы отработавших газов) способствует ускорению их коррозионно-механического изна-

шивания [1,2]. Ухудшается также смесеобразование и уменьшается скорость сгорания топливоздушная смеси, что снижает эффективность и экономичность работы двигателя, вызывая повышение токсичности отработавших газов. Также следует отметить, что при существенно заниженных температурах поршня и цилиндра сконденсированные водяные пары, проникающие в картерное масло, вызывают интенсивную коагуляцию примесей и гидролиз присадок с образованием осадков – «шламов». Эти осадки, загрязняя масляные каналы, сетки маслоотстойников, масляные фильтры, существенно нарушают нормальную работу смазочной системы.

На интенсивность протекания процессов образования отложений нагаров, лаков и осадков на поверхностях деталей ДВС существенно влияет старение моторных масел при их работе. Старение масел состоит в накоплении примесей (в том числе воды), изменении их физико-химических свойств и окислении углеводородов.

Изменение фракционного состава чистого залитого масла по мере работы двигателя вызывается в основном причинами, изменяющими состав его масляной основы и процентное соотношение присадок по отдельным составляющим (парафиновым, ароматическим, нафтеновым). К ним относятся:

- процессы термического разложения масла в зонах перегрева (например, в клапанных втулках, зонах верхних поршневых колец, на поверхностях верхних поясов зеркала цилиндров). Такие процессы приводят к окислению наиболее легких фракций масляной основы или даже их частичному выкипанию;
- добавление к углеводородам основы неиспарившегося топлива, попадающего в начальные периоды пусков (или при резком увеличении подачи топлива в цилиндры для осуществления ускорения автомобиля) в маслосборник картера через зону поршневых уплотнений;
- попадание в поддон картера или маслосборник двигателя воды, образующейся при сгорании топлива в КС цилиндров.

Если система вентиляции картера действует достаточно эффективно, а стенки картера находятся в подогретом состоянии до 90-95°C, вода не конденсируется на них и удаляется в атмосферу системой вентиляции картера. Если температура стенок картера существенно понижена, то попавшая в масло вода будет принимать участие в процессах его окисления. Количество сконденсировавшейся воды при этом может быть весьма значительным [2]. Даже если считать, что только 2% газов могут прорваться через все компрессионные кольца цилиндра, то через картер двигателя с рабочим объемом 2-2,5 л за каждые 1000 км пробега будет прокачиваться по 2 кг воды. Допустим, что 95% воды удаляется системой вентиляции картера, то все равно после пробега в 5000 км на 4,0 л моторного масла будет приходиться около 0,5 л H<sub>2</sub>O. Эта вода при работе двигателя преобразуется антиокислительной присадкой, содержащейся в моторном масле, в примеси – кокс и золу.

По указанным ранее причинам необходимо поддерживать при работе двигателя температуру стенок картера достаточно высокой, а в случае необходимости – применять системы смазки с сухим картером и отдельным масляным баком.

Следует отметить, что мероприятия, замедляющие процессы изменения состава масляной основы, существенно замедляют образование нагара, лака и осадков, а также снижают интенсивность изнашивания основных деталей автомобильных двигателей [2].

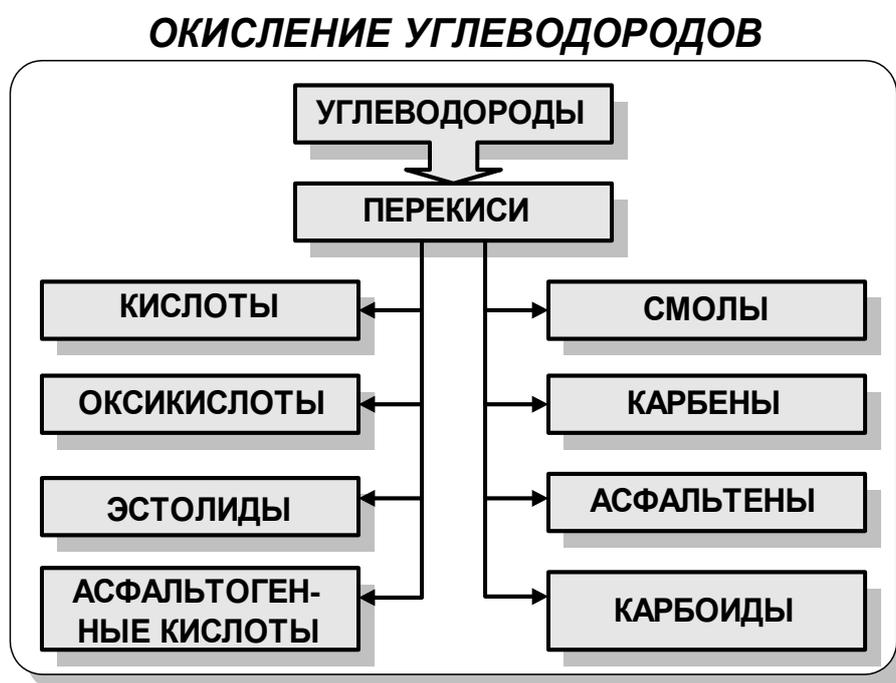
Фракционный и химический состав масел может изменяться в достаточно широких пределах под влиянием различных факторов:

- характера сырья, зависящего от месторождения, свойств нефтяной скважины;
- особенностей технологии изготовления моторных масел;
- особенностей транспортировки и длительности хранения масел.

Для предварительной оценки свойств нефтепродуктов применяют различные лабораторные методы: определение кривой разгонки, температур вспышки, помутнения и застывания, оценку окисляемости в средах с различной агрессивностью и т.п.

В основе старения автомобильного моторного масла лежат процессы окисления, разложения и полимеризации углеводородов, которые сопровождаются процессами загрязнения масла различными примесями (нагаром, пылью, металлическими частичками, водой, топливом и пр.). Процессы старения существенно изменяют физико-химические свойства масла, приводят к появлению в нём разнообразных продуктов окисления и износа, ухудшают его эксплуатационные качества. Различают следующие виды окисления масла в двигателях: в толстом слое – в поддоне картера или в масляном баке; в тонком слое – на поверхностях горячих металлических деталей; в туманообразном (капельном) состоянии – в картере, клапанной коробке и т.п. При этом окисление масла в толстом слое даёт осадки в виде шлама, а в тонком слое – в виде лака.

Окисление углеводородов подчиняется теории перекисей А.Н. Баха и К.О. Энглера, дополненной П.Н. Черножуковым и С.Э. Крейном. Окисление углеводородов, в частности, в моторных маслах ДВС, может идти по двум основным направлениям, представленным на рис. 2, результаты окисления по которым различны. При этом результатом окисления по первому направлению являются кислые продукты (кислоты, оксикислоты, эстолиды и асфальтогенные кислоты), образующие осадки при пониженных температурах; результатом окисления по второму направлению являются нейтральные продукты (карбены, карбоиды, асфальтены и смолы), из которых образуются в различных пропорциях при повышенных температурах или лаки, или нагары [2].



**Рис. 2. Пути окисления углеводородов в нефтяном продукте (например, в моторном масле для ДВС)**

В процессах старения масла весьма значительна роль воды, попадающей в масло при конденсации ее паров из картерных газов или другими путями. В результате этого образуются эмульсии, которые впоследствии усиливают окислительную полимеризацию молекул масла. Взаимодействие оксикислот и других продуктов окисления масла с водомасляными эмульсиями вызывает усиленное образование осадков (шламов) в двигателе.

В свою очередь, образовавшиеся частички шлама, если они не будут нейтрализованы присадкой, служат центрами катализации и ускоряют разложение еще не окислившейся части масла. Если при этом не произвести своевременную замену моторного масла, процесс окисления будет происходить по типу цепной реакции с увеличивающейся скоростью, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Решающее влияние на образование нагаров, лаков и осадков на поверхностях деталей ДВС, контактирующих с моторным маслом, оказывает их тепловое состояние. В свою очередь, конструкционные особенности двигателей, условия их эксплуатации, режимы работы и т.д. определяют тепловое состояние двигателей и влияют, таким образом, на процессы образования отложений.

Не менее важное влияние на образование отложений в ДВС оказывают и характеристики применяемого моторного масла. Для каждого конкретного двигателя важно соответствие рекомендованного заводом-изготовителем масла температуре поверхностей деталей, контактирующих с ним.

В данной работе произведен анализ взаимосвязи температур поверхностей поршней двигателей ЗМЗ-402.10 и ЗМЗ-5234.10 и процессов образования на них отложений нагаров и лаков, а также произведена оценка осадкообразования на поверхностях картера и клапанной крышки двигателей при использовании рекомендованного заводом изготовителем моторного масла М 6<sub>3</sub>/12Г<sub>1</sub>.

Для исследования зависимостей количественных характеристик отложений в двигателях от их теплового состояния и условий работы можно использовать различные методики, например, Л-4 (Англия), 344-Т (США), ПЗВ (СССР) и др. [2, 3]. В частности, по методике 344-Т, являющейся нормативным документом США, состояние «чистого» неизношенного двигателя оценивается в 0 баллов; состояние предельно изношенного и загрязненного двигателя в 10 баллов. Аналогичной методикой оценки лакообразования на поверхностях поршней является отечественная методика ПЗВ (авторы – К.К. Папок, А.П. Зарубин, А.В. Виппер), цветовая шкала которой имеет баллы от 0 (отсутствие лаковых отложений) до 6 (максимальные отложения лака). Для пересчета баллов шкалы ПЗВ в баллы методики 344-Т показания первой необходимо увеличить в полтора раза. Указанная методика аналогична отечественной методике отрицательной оценки отложений ВНИИ НП (10 балльная шкала).

Для экспериментальных исследований использовались по 10 двигателей ЗМЗ-402.10 и ЗМЗ-5234.10 [2]. Эксперименты по исследованию процессов образования отложений проводились совместно с лабораториями испытаний легковых и грузовых автомобилей УКЭР ГАЗ на моторных стендах. В процессе испытаний, кроме прочего, контролировались расходы воздуха и топлива, давление и температура отработавших газов, температура масла и охлаждающей жидкости. При этом на стендах выдерживались режимы: частота вращения коленчатого вала, соответствующая максимальной мощности (100% нагрузки), и, поочередно, в течение 3,5 часов – 70% нагрузки, 50% нагрузки, 40% нагрузки, 25% нагрузки и без нагрузки (при закрытых дроссельных заслонках), т.е. эксперименты проведены по нагрузочным характеристикам двигателей. При этом температура охлаждающей жидкости выдерживалась в интервале 90...92°C, температура масла в главной масляной магистрали – 90...95 °С. После этого двигатели разбирались и производились необходимые замеры.

Предварительно были проведены исследования по изменению физико-химических параметров моторных масел при испытаниях двигателей ЗМЗ-402.10 в составе автомобилей ГАЗ-3110 на автополигоне УКЭР ГАЗ. При этом выдержаны условия: средняя техническая скорость 30...32 км/ч, температура окружающего воздуха 18...26°C, пробег до 5000 км. В результате испытаний получено – при увеличении пробегов автомобилей (времени работы двигателей) увеличивалось количество механических примесей и воды в моторных маслах, его коксовое число и зольность, происходили прочие изменения, что представлено в табл. 1

Нагарообразование на поверхностях днищ поршней двигателей ЗМЗ-5234.10 характеризовалось данными, представленными на рис. 3 (для двигателей ЗМЗ-402.10 результаты подобны). Из анализа рисунка следует, что при повышении температур днищ поршней от 100 до 300°C толщина (зона существования) нагара уменьшалась с 0,45...0,50 до 0,10...0,15 мм, что объясняется выжиганием нагара при повышении температуры поверхностей двигателей. Твердость же нагара повышалась с 0,5 до 4,0...4,5 баллов по причине спекания нагара при высоких температурах.

Таблица 1

## Изменение физико-химических параметров моторного масла при пробеговых испытаниях двигателей ЗМЗ-402.10

№ п/п	Параметр	Пробег, тыс. км.		
		3,0	3,8	5,0
1	Механические примеси, %	0,090	0,091	0,94
2	Кокс, %	0,49	0,64	0,87
3	Зола, %	0,011	0,016	0,022
4	Бензин, %	1,9	2,0	2,0
5	Кислотность, мг/л	0,53	0,45	0,38

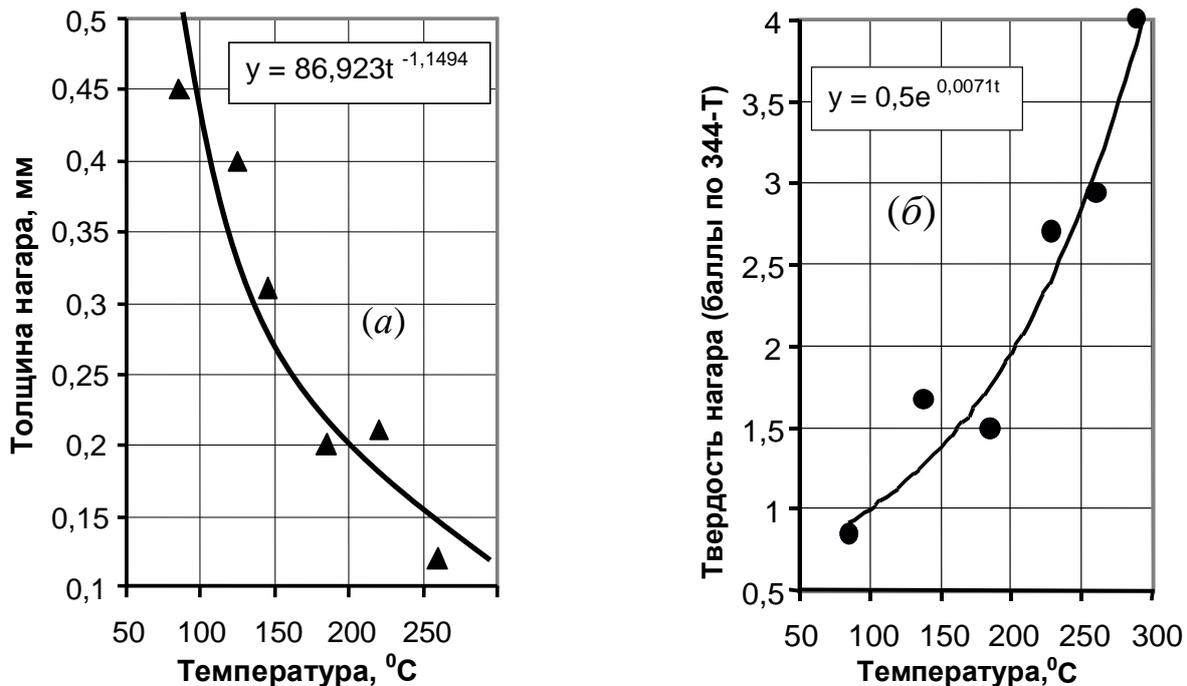


Рис. 3. Зависимости нагарообразования на поверхностях днищ поршней двигателей ЗМЗ-5234.10 от их температур:

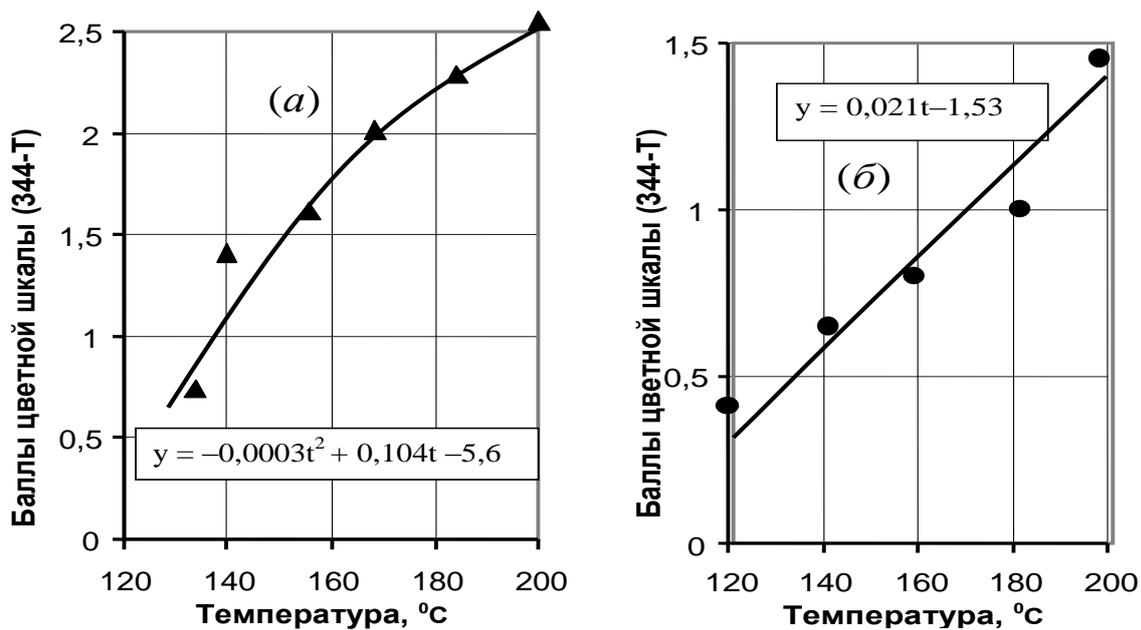
а – толщина нагара; б – твердость нагара;

символами нанесены усредненные экспериментальные значения

Оценка величин отложений лаков на боковых поверхностях поршней и их внутренних (нерабочих) поверхностях производилась также по десятибалльной шкале, согласно методике 344-Т, используемой во всех ведущих научно-исследовательских учреждениях страны [3].

Данные по лакообразованию на поверхностях поршней двигателей представлены на рис. 4 (результаты по исследуемым маркам двигателей совпадают). Режимы испытаний указаны ранее и соответствуют режимам при исследованиях нагарообразования на деталях.

Из анализа рисунка следует, что лакообразование на поверхностях поршней двигателей однозначно увеличивается с увеличением температур их поверхностей. На интенсивность лакообразования влияет не только повышение температур поверхностей деталей, но и длительность ее действия, т.е. продолжительность работы двигателей [3]. При этом, однако, процессы лакообразования на рабочих (трущихся) поверхностях поршней существенно замедляются по сравнению с внутренними (нерабочими) поверхностями, вследствие стирания слоя лака в результате трения.



**Рис. 4. Зависимости отложений лака на поверхностях поршней двигателей ЗМЗ-5234.10 от их температур:**  
*a* – внутренние поверхности; *б* – боковые поверхности;  
 символами нанесены усредненные экспериментальные значения

Нагаро- и лакообразование на поверхностях деталей существенно интенсифицируется при применении масел групп «Б» и «В», что подтверждено рядом исследований, проведенных авторами на подобных и других типах автомобильных двигателей [3].

Планомерное увеличение отложений лаков на внутренних (нерабочих) поверхностях поршней вызывает уменьшение теплоотвода в картерное масло при увеличении наработки двигателей. Это вызывает, например, постепенное увеличение уровня теплового состояния двигателей по мере приближения наработки к смене масла при очередном ТО-2 автомобиля.

Образование осадков (шламов) из моторных масел происходит в наибольшей степени на поверхностях картера и клапанной крышки. Результаты исследований осадкообразования в двигателях ЗМЗ-5234.10 представлены на рис. 5 (для двигателей ЗМЗ-402.10 результаты подобны). Осадкообразование на поверхностях указанных ранее деталей оценивалось в зависимости от их температур, для измерения которых были смонтированы термодары (приварены конденсаторной сваркой): на поверхностях картера по 5 штук у каждого двигателя, на поверхностях клапанных крышек – по 3 штуки.

Как следует из рис. 5, при повышении температур поверхностей деталей двигателей осадкообразование на них уменьшается вследствие уменьшения содержания воды в картерном масле, что не противоречит результатам ранее проведенных экспериментов другими исследователями [3]. Во всех двигателях осадкообразование на поверхностях деталей картера оказались больше, чем на поверхностях клапанных крышек.

На моторных маслах групп форсирования «Б» и «В» осадкообразование на деталях ДВС, контактирующих с моторным маслом, происходит интенсивнее, чем на маслах групп форсирования «Г», что подтверждено рядом исследований [1, 2, 3 и др.].

По сравнению с поверхностями поршней, отложения на зеркалах цилиндров следует считать незначительными. Далее, на рис. 6 приводятся данные по лакообразованию на зеркале цилиндра двигателей ЗМЗ-5234.10 при работе на маслах М-8В («автол») и М6<sub>з</sub>/12Г<sub>1</sub>, полученные также по методике 344-Т (для двигателей ЗМЗ-402.10 результаты подобны).

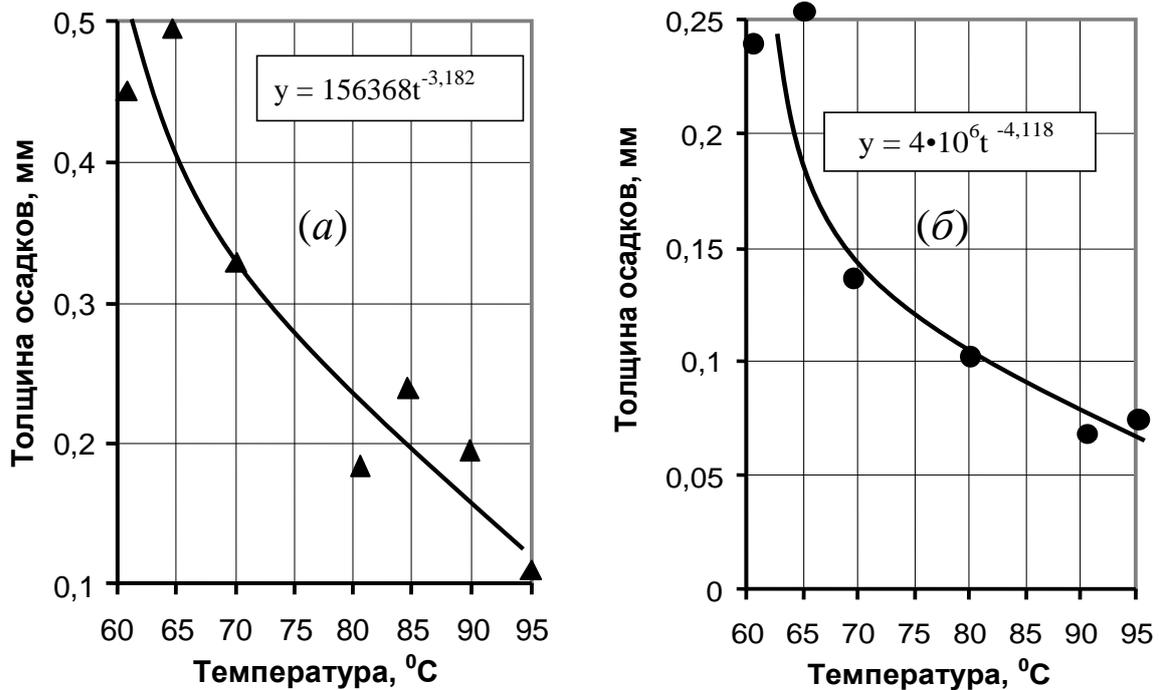


Рис. 5. Зависимость отложений осадков на поверхностях двигателя ЗМЗ-5234.10 от их температур:

*a* – картер; *б* – клапанная крышка;  
символами нанесены усредненные экспериментальные значения

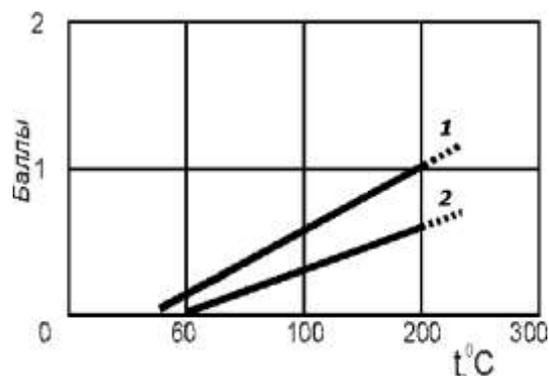


Рис. 6. Зависимости отложений на поверхностях зеркал цилиндров двигателей ЗМЗ-402.10 и ЗМЗ-5234.10 от их температуры:

1 – масло М-8В; 2 – масло М6/12Г<sub>1</sub>

В данной работе исследования отложений на зеркалах цилиндров при эксплуатации двигателей на самых современных маслах не проводилось, однако, можно уверенно предположить, что для исследуемых двигателей они будут не больше, чем при их работе на менее качественных маслах.

Полученные результаты по взаимосвязи изменения температур основных деталей двигателей ЗМЗ-402.10 и ЗМЗ-5234.10 (поршней, цилиндров, клапанных крышек и масляных картеров) и количества отложений позволили выявить закономерности процессов образования нагаров, лаков и осадков на поверхностях указанных деталей. Для этого результаты аппроксимированы функциональными зависимостями методом наименьших квадратов и представлены на рис. 3-5. Полученные закономерности процессов образования отложений на поверхностях деталей автомобильных карбюраторных двигателей должны учитываться и использоваться конструкторами и инженерно-техническими работниками, занимающимися доводкой и эксплуатацией ДВС.

Двигатель автомобиля работает с наибольшей эффективностью лишь при определенных условиях. Оптимальный температурный режим теплонагруженных деталей является одним из таких условий и обеспечивает высокие технические характеристики двигателя с одновременным снижением износов, отложений и, следовательно, повышением показателей его надежности.

Оптимальное тепловое состояние ДВС характеризуется оптимальными температурами поверхностей их теплонагруженных деталей. Анализируя проведенные исследования процессов образования отложений на деталях исследуемых карбюраторных двигателей ЗМЗ и подобные исследования по бензиновым двигателям [1, 2, 3 и др.], можно с достаточной степенью точности определить интервалы оптимальных и опасных температур поверхностей деталей данного класса двигателей. Полученная информация представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Оптимальные и опасные интервалы температур поверхностей деталей  
бензиновых автомобильных двигателей**

№ п/п	Наименование деталей и узлов двигателя	Опасная низкотемпературная зона, °С	Интервал оптимальных температур, °С	Опасная высокотемпературная зона, °С
1	Днище поршня, головка цилиндра	до 130	140 – 300	более 310
2	Зона поршневых колец	до 70	80 – 220	более 230
3	Юбка поршня, зеркало цилиндра	до 60	70 – 190	более 200
4	Картер, клапанная коробка	до 40	50 – 140	более 150

При температурах деталей двигателей в опасной высокотемпературной зоне существенно увеличивается твердость нагара на деталях КС цилиндра, что вызывает процессы калильного зажигания топливовоздушных смесей, количество лаковых отложений на поверхностях поршней и цилиндров, а значит, нарушается нормальный тепловой баланс.

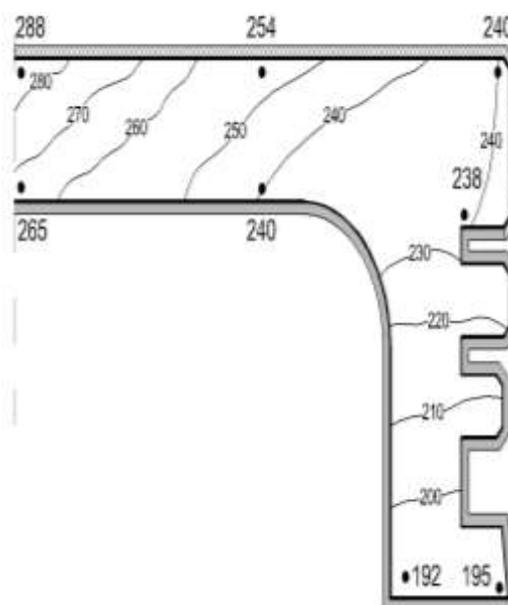


Рис. 7. Поле температур поршня двигателя ЗМЗ-5234.10 с нагарами и лаками

При температурах деталей двигателей в опасной низкотемпературной зоне увеличивается толщина нагара на поверхностях деталей, образующих КС, что приводит к возникнове-

нию детонационного сгорания топливовоздушных смесей, а также при низких температурах поверхностей деталей двигателей на них увеличивается количество осадков из моторных масел. Все это нарушает нормальную работу двигателей.

В свою очередь отложения приводят к перераспределению тепловых потоков, проходящих через поршни, и повышению температур поршней в критических точках – в центре огневой поверхности днища поршня и в канавке ВКК. Температурное поле поршня двигателя ЗМЗ-5234.10 с учетом отложений нагаров и лаков на его поверхностях представлено на рис. 7 [4].

Задача теплопроводности методом конечных элементов решалась с ГУ 1-рода, полученными при термометрировании поршня на режиме номинальной мощности при стендовых испытаниях двигателя [4]. Термоэлектрические эксперименты проводились с тем же поршнем, для которого предварительно выполнены исследования температурного состояния без учета отложений. Эксперименты осуществлялись при идентичных условиях. Предварительно двигатель работал на стенде более 80 часов, после чего наступает стабилизация нагаров и лаков [2]. В результате, температура в центре днища поршня повысилась на 24°C, в зоне канавки ВКК – на 26°C в сравнении с моделью поршня без учета отложений. Значение температуры поверхности поршня над ВКК 238°C входит в опасную высокотемпературную зону (табл. 2). Близко к опасной высокотемпературной зоне и значение температуры в центре днища поршня.

На этапе проектирования и доводки двигателей влияние отложений нагаров на теплопринимающих поверхностях поршней и лаков на их поверхностях, контактирующих с моторным маслом, учитывается крайне редко. Это обстоятельство в совокупности с эксплуатацией двигателей в составе АТС при повышенных тепловых нагрузках увеличивает вероятность отказов – прогары поршней, закоксовывание поршневых колец и т.д.

#### Библиографический список

1. **Кузьмин, Н.А.** Процессы и закономерности изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин; НГТУ. – Н. Новгород, 2002. – 142 с.
2. **Зеленцов, В.В.** Эксплуатационные свойства и тепловые режимы поршневых автомобильных двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие / В.В. Зеленцов, В.В. Крупа; НГТУ. – Н.Новгород, 2002. – 72 с.
3. **Григорьев, М.А.** Качество моторного масла и надежность двигателей / М.А. Григорьев, Б.М. Бурнаков, В.А. Далецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 231 с.
4. **Кузьмин, Н.А.** Профилирование головок поршней ДВС // Изв. вузов. Машиностроение. 2006. №12. С. 41-46.

*Дата поступления  
в редакцию 02.04.2010*

**N.A. Kuzmin, V.V. Zelentsov, I.O. Donato**

#### RESEARCH OF ADJOURNMENT IN AUTOMOBILE ENGINES

One of reserves of increasing of internal-combustion engine indicators of operational reliability is decreasing of adjournment deposits, varnishes and deposits on surfaces of engine oil contacting details. The process of oil ageing is the reason of their formation (oxidation of the hydrocarbons which are parts of an oil basis). The thermal mode of thermostressed details is the reason of processes of oil oxidation in engines and formation of adjournment and overall engines performance.

*Key words:* temperature, the piston, the cylinder, engine oil, adjournment, deposit, varnish, working capacity, reliability.