

УДК 629.033

## ОБКАТКА ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРИСАДОК

*А.Н. ВАСЬКОВИЧ**(Полоцкий государственный университет)*

*Представлены результаты разработки методики для обкатки двигателей с применением специальных присадок к маслам, позволяющих сократить время приработки трущихся поверхностей двигателей внутреннего сгорания. Разработана рекомендация по проведению холодной обкатки на ремонтном предприятии с применением присадки СУРМ КВ. Определены направления развития предложенного метода обкатки двигателей.*

**Ключевые слова:** обкатка двигателя, автотракторные двигатели, присадки, механические потери, компрессия, холодная обкатка, кольцо, гильза.

**Введение.** Развитая по своему составу и организационной структуре сеть ремонтно-обслуживающих предприятий Республики Беларусь претерпела значительные изменения, которые оказали влияние на уровень готовности машинного парка. Основные причины этого – сокращение объемов работ по капитальному ремонту машин, агрегатов и узлов, выполняемых специализированными ремонтными предприятиями, переориентация отдельных ремонтных заводов на выпуск новой сельскохозяйственной техники, уменьшение количества сложных ремонтно-обслуживающих работ, оказываемых хозяйствам со стороны инженерно-технических служб районного уровня [1].

Двигатель – достаточно сложный агрегат, который должен вбирать в себя достижения постоянно развивающихся различных направлений и отраслей науки: химии и физики, гидравлики и аэродинамики, теплотехники и электроники, металлургии и сопротивления материалов, математики, вычислительной техники и др., повышая тем самым моторесурс, как один из основных технических параметров, характеризующий долговечность двигателя.

В настоящее время все изготавливаемые и ремонтируемые автомобильные, тракторные и комбайновые двигатели подвергают обкатке на различных режимах и с разной продолжительностью.

Ведущими факторами, влияющими на процесс приработки во время обкатки, следует считать температуру на поверхности трущихся деталей, скорость их относительного перемещения и нагрузку. Большое значение в процессе приработки имеет использование рациональных нагрузочно-скоростных и температурных режимов, которые определяют не только качество приработки, но и последующую долговечность двигателей. Вопрос по выбору этапов обкатки и их содержанию сложен и до конца не решен [2].

**Методы ускоренной обкатки двигателей.** В практике работы моторостроительных заводов и ремонтных предприятий серьезно встает вопрос о разработке и внедрении ускоренных методов обкатки двигателей. Ускоренные методы обкатки развивались в зависимости от общего уровня научно-технического прогресса, разработки новых материалов и средств производства. Развитие ускоренных методов обкатки началось с внедрения маловязких смазок. Процесс приработки при этом значительно ускорился, и качество трущихся поверхностей удовлетворяло требованиям. Ускоренная обкатка двигателей предусматривает изменение нагрузки и частоты вращения по косинусоидальному закону с увеличением частоты колебаний на каждой ступени на приработочных составах.

Существует четыре основных направления применения ускоряющих элементов для ускоренной приработки двигателей:

- использование специальных обкаточных и обкаточно-консервационных масел;
- введение специальных присадок, содержащих органоминеральные вещества, в дизельное топливо;
- прямое введение в смазочное масло мелкодисперсной абразивной присадки;
- введение в зону трения электрического тока [3].

Перечисленные методы ускоренной приработки двигателей основаны на абразивном изнашивании и повышении поверхностного окисления за счет применения поверхностно-активных элементов, способствующих быстрому завершению процесса приработки. Каждый такой метод должен быть простым и надежным в применении, безопасным для окружающей среды, экономически выгодным, давать постоянные результаты, не иметь побочных явлений, увеличивающих износ двигателей в период эксплуатации.

Многочисленные исследования, проведенные как в нашей стране, так и за рубежом, показали, что одним из наиболее эффективных способов, позволяющих за время, отведенное на заводскую обкатку, существенно улучшить и ускорить приработку двигателей внутреннего сгорания, является применение специальных обкаточных масел и присадок [4].

**Оборудование для исследований.** Оборудование, используемое для изучения пары трения «кольцо – гильза цилиндра»: стенд для пары трения «кольцо – гильза цилиндра» (двигатель Д-245); ваттметр; хромель-копелевая термопара (ТХК), компрессометр.

*Определение температуры.* На стенде, в местах трения, в гильзе просверлены технологические отверстия, позволяющие подвести контакт термопары. Эти отверстия располагались посередине каждого сечения трения, так как максимальная температура рабочего процесса наблюдается (посередине) между верхней и нижней мертвыми точками.

Для измерения температуры применяли хромель-копелевую термопару, которая соединялась с входным датчиком микропроцессорного программируемого измерителя типа 2ТРМОА-Щ1.ТП с классом точности 0,5 (рис. 1, а). Для наилучшего снятия температуры и прилегания термопары к месту контакта использовалась термопаста ВС-126 (рис. 1, б), обладающая высокой теплопроводностью (0,7...0,8 Вт/м·К), гидрофобными свойствами, устойчивостью к высоким температурам и окислению.

Для измерения механических потерь на трение в электрическую схему стенда включены трехфазный ваттметр (рис. 1, в) и амперметр. При работе стенда ваттметр постоянно показывал изменение механических потерь при холодной обкатке.

Измерив механические потери при работе стенда без нагрузки, то есть когда не установлен поршень, и произведя их вычитание из механических потерь стенда под нагрузкой, получаем механические потери приработки пары трения «кольцо – гильза цилиндра дизельного двигателя Д-245» [5].

Условием проведения лабораторных испытаний является обеспечение условий смазывания трущихся поверхностей. Поршень имеет специальную форму с углублением для заливки масла и отверстиями для смазывания трущихся поверхностей. Углубление устроено так, что в него можно залить 20 мл масла. Для определения режима смазки использовались лабораторные исследования, которые показали, что для обеспечения необходимых условий приработки достаточно 20 мл смазки.

*Порядок проведения лабораторных исследований и время контроля данных.* После подготовки стенда к запуску, залива масла и проверки крепления всех соединений осуществлялся запуск стенда. При проведении обкатки в течение 2 часов каждые 5 минут снимались показания параметров (температуры, механических потерь на трение, давления в конце такта сжатия) и заносились в протокол эксперимента.

После завершения процесса обкатки стенд останавливался для переустановки гильзы на другое сечение трения. Сечения трения нумеровались от верхнего к нижнему: № 1, № 2, № 3 (рис. 1, е). Затем снимался поршень, менялись поршневые кольца, поршень промывался от остатков смазки. Отработавшим кольцам присваивался номер, делалась надпись с указанием смазочного материала, сечения трения и даты проведения эксперимента.



а – микропроцессорный программируемый измеритель типа 2ТРМОА-Щ1.ТП;  
 б – тюбик с термопастой ВС-126; в – трехфазный ваттметр;  
 г – мензурка; д – компрессометр; е – гильза цилиндра

Рисунок 1. – Оборудование для эксперимента

По завершении всех подготовительных операций по настройке стенда для проведения эксперимента на следующем поясе трения операция повторялась.

Таким образом, можно записать определенный алгоритм действий, осуществляемых при проведении лабораторных исследований:

- установка и закрепление гильзы цилиндра двигателя Д-245;
- установка и закрепление поршня с поршневыми кольцами двигателя Д-245;
- выставление необходимых зазоров в соединении «гильза цилиндра – поршневое кольцо» и соблюдение соосности;
- заливка смазочного материала;
- установка приспособления для определения давления в конце сжатия;
- подсоединение термодары в технологические отверстия гильзы цилиндра;
- запуск стенда и запись контролируемых параметров во время обкатки;
- выключение стенда и раскрепление поршня, гильзы;
- переустановка гильзы на следующее сечение трения;
- замена поршневых колец;
- повторение алгоритма действий.

По приведенному алгоритму действий исследовался процесс приработки для каждой из составленных композиций антифрикционной присадки и масла М-10Г<sub>2</sub>. Таким образом, получены данные по холодной обкатке на масле М-10Г<sub>2</sub> без присадок и на каждой из составленных композиций.

**Экспериментальные исследования процесса обкатки на масле с использованием модифицированных присадок.** Исследования влияния присадок в масло на процесс обкатки сопряжения «гильза – поршневое кольцо» проводились на примере деталей цилиндропоршневой группы дизельного двигателя Д-245 на стенде, моделирующем работу этих соединений:

- на первом этапе выполнены лабораторные исследования процесса приработки сопряжения «гильза – поршневое кольцо» с применением моторного масла М-10Г<sub>2</sub>, так как данное масло рекомендовано заводом-изготовителем – Минским моторным заводом.

- на втором этапе выполнены сравнительные испытания присадок к моторному маслу М-10Г<sub>2</sub>, определена оптимальная из них для проведения обкатки. Использовались присадки: Сурм КВ; ТСК В 100; Remetall; Сурм УО; Practex; Newmen; Newmen 2 (табл. 1).

- на третьем этапе выполнены исследования по определению оптимальной концентрации и рабочей температуры обкатки при применении композиции М-10Г<sub>2</sub> + СУРМ КВ.

#### Краткая характеристика используемых присадок

Наименование присадки	Производитель	Назначение	Состав
Сурм КВ, Сурм УО	ООО «ПИОТР», Россия, Санкт-Петербург	Восстановление компрессии и давления масла в двигателе, а также работоспособности деталей трансмиссии и проведение ускоренной обкатки двигателей	Олово и медьсодержащие компоненты
ТСКВ 100	ООО «ПИОТР», Россия, Санкт-Петербург	Снижение коэффициента трения, увеличение ресурса	Содержит редкие природные минеральные компоненты
Remetall	«ВМПАвто», Россия, Санкт-Петербург	Восстановление деталей двигателя и трансмиссии за счет создания в зоне трения маслоудерживающей пористой структуры, защищающей детали от изнашивания	Присадка на основе порошков меди, олова, хрома
Practex, Newmen, Newmen 2	«NEWMEN», США	Значительное увеличение срока службы агрегатов (до 5 раз), увеличение компрессии мощности ДВС на 10...15%, уменьшение расхода топлива на 10...35%, увеличение срока службы масла минимум в 2 раза	Синтетическая присадка

Чаще всего о качестве приработки судят по изменению механических потерь на трение. Этот параметр удобен тем, что его измерение позволяет не прерывать процесс обкатки двигателя. По мере приработки потери на трение уменьшаются, при стабилизации потерь на трение (при окончании формирования микрогеометрии трущихся деталей) развиваемая мощность становится постоянной, что свидетельствует об окончании приработки.

По данным, полученным в результате проведенных лабораторных исследований, построены зависимости механических потерь от времени холодной обкатки ЦПГ (цилиндропоршневой группы) Д-245 для выбранных присадок и масла М-10Г<sub>2</sub>. Зависимости приведены на рисунке 2.

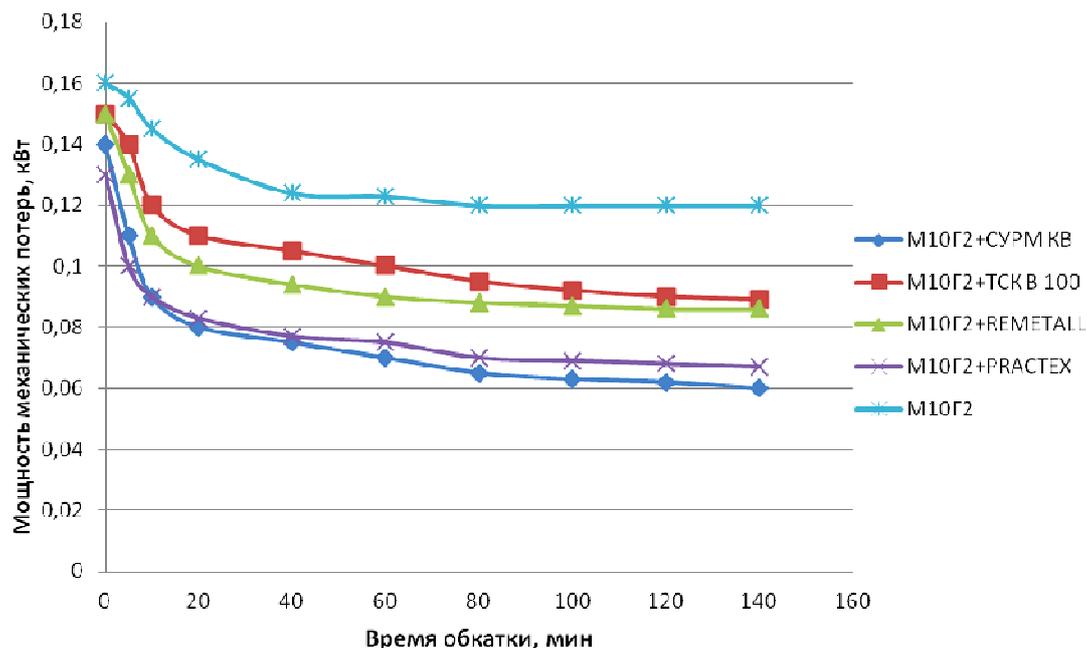


Рисунок 2. – Зависимость изменения механических потерь от времени обкатки при работе на масле М-10Г<sub>2</sub> и композиции масла М-10Г<sub>2</sub> + присадки

Анализ полученных зависимостей (рис. 2) показал, что более низкие механические потери наблюдаются при использовании присадки СУРМ KB.

Установившийся режим обкатки, исходя из параметра механических потерь при использовании присадки СУРМ KB, наступает на 60–70-й минуте обкатки, при других присадках – не ранее, чем на 80–90-й минуте.

В процессе приработки температура поверхностей трения повышается. По мере формирования оптимальной для данных условий микрогеометрии поверхностей трения «кольцо – гильза цилиндра Д-245» происходит уменьшение и стабилизация температуры на поверхности трения. Динамика изменения температуры деталей свидетельствует о процессах, происходящих в соединении, и служит объективным критерием оценки качества приработки. На рисунке 3 приведены зависимости изменения температур в зоне трения для некоторых композиций от времени обкатки.

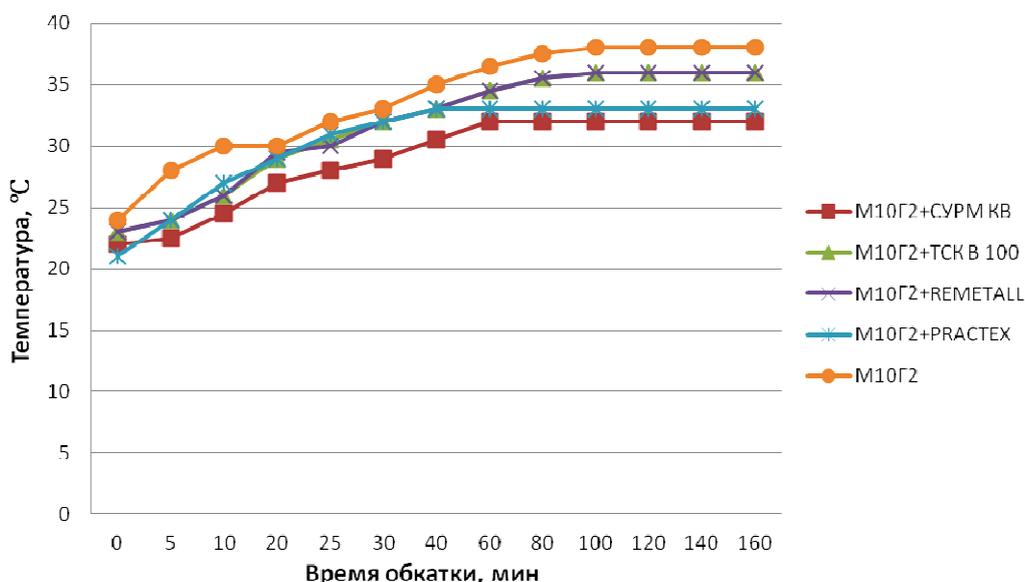


Рисунок 3. – Зависимость изменения температуры в зоне трения от времени при холодной обкатке для масла М-10Г<sub>2</sub> и композиции М-10Г<sub>2</sub> + PRACTEX

Для определения давления сжатия, свидетельствующего о состоянии цилиндропоршневой группы двигателя в начале и конце обкатки, измеряют давление газов в конце такта сжатия. Разница показаний характеризует степень приработки деталей ЦПГ. При проведении лабораторных исследований давление такта сжатия контролировалось не только в конце и начале холодной обкатки на стенде, но и на протяжении всего процесса приработки пары трения «кольцо – гильза цилиндра двигателя Д-245». Это позволило определить относительное увеличение давления при использовании композиций М-10Г<sub>2</sub> с присадками, что проиллюстрировано на рисунке 4.

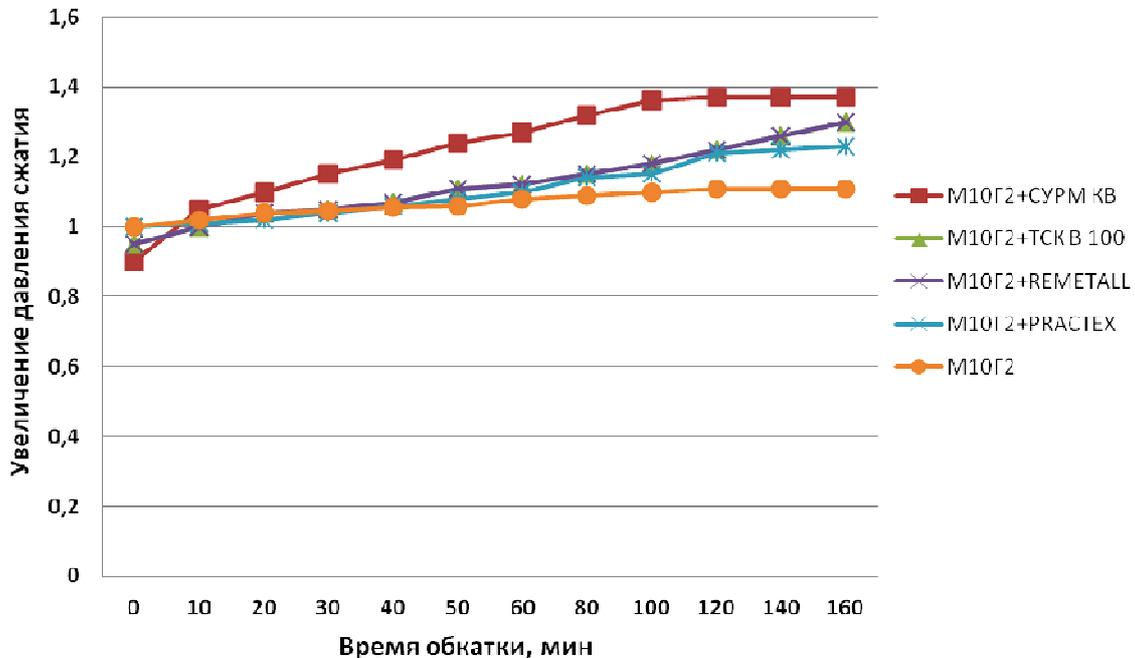


Рисунок 4. – Зависимость относительного увеличения давления в конце такта сжатия в процессе холодной обкатки на масле М-10Г<sub>2</sub> и композиции М-10Г<sub>2</sub> + присадки

Мнения по назначению этапов и режимов обкатки весьма противоречивы. Имеется ряд общих рекомендаций, основанных на большом практическом опыте обкатки двигателей. Сложен и до конца не решен вопрос по выбору этапов обкатки и их содержанию (нагрузки, скорости, продолжительности).

Таким образом, возникла необходимость определения оптимальной температуры при проведении холодной обкатки, и ответить на вопрос, влияет ли температура на процесс приработки на этапе холодной обкатки. Для этого проведены эксперименты с различной температурой процесса приработки – от 20 до 80 °С и интервалом в 10 °С. Полученные данные позволили судить о влиянии температуры на процесс приработки пары «трения кольцо – гильза цилиндра Д-245» (рис. 5 и 6).

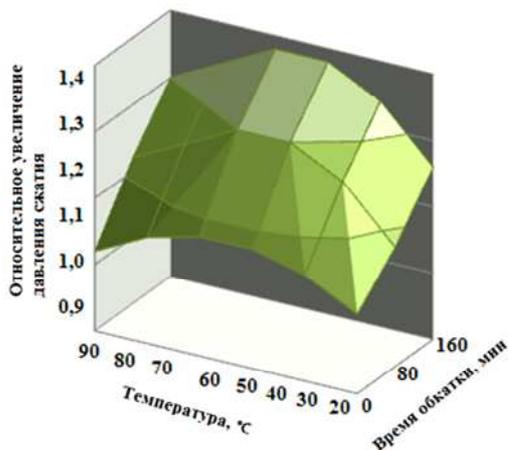


Рисунок 5. – Зависимость относительного увеличения давления сжатия от температуры и времени обкатки

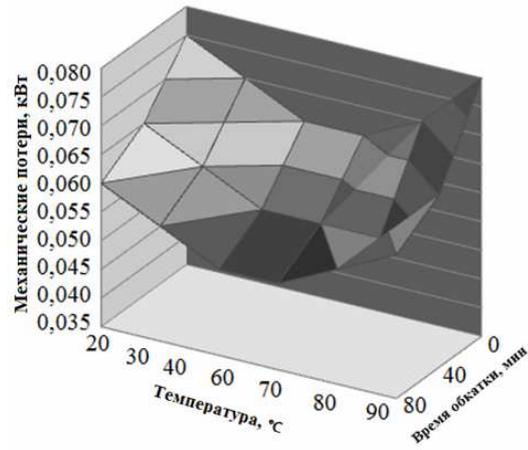


Рисунок 6. – Зависимость механических потерь от температуры и времени обкатки

Исходя из проведенных лабораторных исследований и полученных при этом зависимостей на основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что оптимальной температурой для проведения холодной обкатки и лучшей приработки пары трения «кольцо – гильза цилиндра дизельного двигателя Д-245» с применением присадки СУРМ КВ является температура рабочего процесса, находящаяся в пределах 55...65 °С. Можно рекомендовать проводить стендовые испытания по холодной обкатке капитально отремонтированного дизельного двигателя Д-245 при температуре рабочего процесса 60 °С.

Оптимальная концентрация по критерию механических потерь – содержание 3,2% присадки СУРМ КВ в расчетном количестве масла М-10Г<sub>2</sub>. Таким образом, согласно лабораторным исследованиям по определению наилучшей концентрации антифрикционной присадки СУРМ КВ, концентрация присадки должна находиться в пределах от 3,2 до 3,4% СУРМ КВ на расчетный объем масла М-10Г<sub>2</sub> для проведения холодной обкатки дизельного двигателя Д-245 после капитального ремонта.

**Заключение.** Применение специальных присадок к маслам при проведении обкатки двигателей позволяет сократить время приработки трущихся поверхностей двигателей.

Разработаны рекомендации по проведению холодной обкатки на ремонтном предприятии с применением композита СУРМ КВ: температура рабочего процесса должна быть в пределах от 55 до 65 °С; концентрация композита в смазочном материале – от 3,2 до 3,4%; время обкатки дизельного двигателя – 60 минут.

По данным производственной проверки определено, что применение присадки СУРМ КВ позволяет получить коэффициент давления сжатия при проведении холодной обкатки такой же, как и при проведении горячей обкатки на холостом ходу по базовой технологии. Поэтому возможно исключение режима горячей обкатки на холостом ходу из технологического процесса обкатки дизельных двигателей.

Экономический эффект от внедрения специальных присадок в смазочный материал при проведении обкатки двигателей заключается в сокращении времени обкатки двигателей внутреннего сгорания. Экономия на 100 эксплуатируемых двигателях Д-245, которым необходимо восстановление цилиндропоршневой группы, от введения антифрикционных присадок составит 64,8 млн. BYR.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ярошевич, В.К. Технология производства и ремонта автомобилей / В.К. Ярошевич, А.С. Савич, В.П. Иванов. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2011. – 589 с.
2. Никифоров, А.Д. Высокие технологии размерной обработки в машиностроении / А.Д. Никифоров, А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров. – М. : Высш. школа, 2007. – 327 с.
3. Стрельцов, В.В. Ресурсосберегающая ускоренная обкатка отремонтированных двигателей / В.В. Стрельцов. – 2-е изд., стер. – М. : Колос, 1995. – 170 с.
4. Беднарский, В.В. Организация капитального ремонта автомобилей / В.В. Беднарский. – Ростов-н/Д : Феникс, 2005. – 592 с.
5. Структура и свойства износостойких покрытий / П.А. Витязь [и др.] ; под ред. П.А. Витязя. – Минск : Белорус. гос. аграр. техн. ун-т, 2006. – 327 с.
6. Kock, K.H. Computer aided tuning of digital controllers of the automation of engine test rigs / K.H. Kock // Predikt. and Simul. Serv. Cond. Conf., London, 22–23 May 2011. – London, 2011. – P. 81–90.
7. Ledus, R. Etude experementale des relations entre frottement et usure dans moteurs a combustion interne / R. Ledus, J. Vaerman, R. De Craecker, G. De BBrille // Ann. Inst. Beige petrole. – 2005. – № 4. – P. 9–15.

Поступила 03.08.2016

#### BREAK-ENGINES WITH MODIFIED ADDITIVES

A. VASKOVICH

*The results of the development of a methodology for running engines with the use of special oil additives, allowing to reduce the running time of the rubbing surfaces of the internal combustion engine. A recommendation for the cold to break-repair shop using additives Surma HF. Determined the direction of development of the proposed method the running engines.*

**Keywords:** engine running, engines, additives, mechanical losses, compression, cool running, ring, sleeve.