

ТРАНСПОРТ

УДК 629.033

DOI 10.52928/2070-1616-2024-49-1-61-66

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ОБКАТКА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ПРИСАДОК К МАСЛУ

д-р техн. наук, проф. В.П. ИВАНОВ, канд. техн. наук, доц. Т.В. ВИГЕРИНА
(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

На примере холодной стадии обкатки дизельного двигателя Д-245 на обкаточно-тормозном стенде КИ-2139Б при частоте вращения коленчатого вала обкатываемого двигателя в пределах $700 \pm 10 \text{ мин}^{-1}$ установлено, что применение присадок к смазочным маслам позволяет сократить время обкатки в 1,5 раза. Холодная обкатка дизельных двигателей на ремонтном предприятии с применением масла М-10Г₂ с присадкой СУРМ КВ с ее содержанием 3,2–3,4% при температуре подаваемого масла 55–65 °С требует 60 мин. Использование присадки СУРМ КВ разрешает получить давления сжатия при проведении холодной обкатки такое же, как и при проведении горячей обкатки на холостом ходу по базовой технологии. Обосновано исключение режима горячей обкатки на холостом ходу из технологического процесса обкатки дизельных двигателей. Экономический эффект от внедрения специальных присадок в смазочный материал при обкатке двигателей внутреннего сгорания заключается в сокращении ее времени и уменьшении расхода топлива.

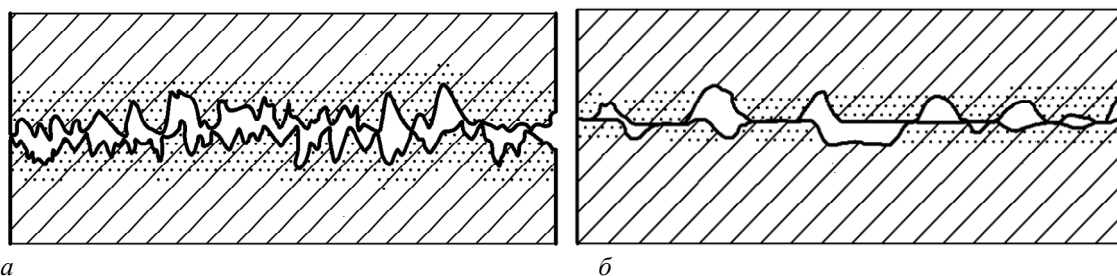
Ключевые слова: двигатель, обкатка, приработка соединений, смазочное масло, присадки, механические потери.

Введение. Сеть ремонтно-обслуживающих предприятий Республики Беларусь претерпела значительные изменения, оказавшие влияние на уровень технической готовности парка машин. Основные причины этого – существенное сокращение объемов работ по капитальному ремонту машин и агрегатов, выполняемых специализированными ремонтными предприятиями, переориентация отдельных ремонтных предприятий на выпуск продукции, уменьшение количества сложных ремонтно-обслуживающих воздействий [1].

Все автомобильные, тракторные и комбайновые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) в конце процесса их изготовления или ремонта обкатывают по установленному режиму разной продолжительности. Цель обкатки ДВС заключается в подготовке их к предстоящему использованию по назначению путем приведения в движение в управляемом режиме с выполнением некоторых работ небольшой трудоемкости. Обкатка агрегатов протекает, как правило, в две стадии. Первую стадию выполняют в конце их изготовления или ремонта на машиностроительном или ремонтном предприятии, вторую – в начале использования по назначению в условиях эксплуатационного предприятия.

Основное содержание обкатки агрегатов состоит в приработке трущихся поверхностей друг к другу, что обеспечивает в дальнейшем их работу с минимальным изнашиванием без схватывания, заедания и задиров. При обкатке происходит опрессовывание прокладок и резьб, а детали при этом занимают эксплуатационное положение.

Приработка трущихся соединений агрегата – самоорганизующийся процесс их начального изнашивания под действием управляемой нагрузки на трущиеся поверхности при установленной относительной скорости скольжения, что приводит к нужным изменениям как геометрических параметров этих поверхностей, так и физико-механических свойств материала поверхностных слоев. Изменения поверхностей трения выражаются тем, что контактирующие выступы шероховатости пластически деформируются, становятся более плоскими (рисунок 1), а их материал наклепывается.



а – в результате обработки резанием; б – приработки

Рисунок 1. – Схема строения соприкасающихся поверхностей

Изменяется вид кривой опорной поверхности (см. рисунок 1), а шероховатость поверхностей становится равновесной (устойчивой). Изменяются волнистость поверхностей и, в меньшей степени, их форма и расположение. Образуется новый микрорельеф. Изменяются также физико-механические свойства материалов поверхностных слоев: повышаются их твердость и внутренние напряжения в них, снижаются пластичность и коэффициент трения. Все это приводит к уменьшению силы трения, появлению устойчивого следа контакта на поверхностях трения, уменьшению и стабилизации температуры материала деталей и снижению скорости их изнашивания. Правильно организованная приработка трущихся соединений позволяет более полно использовать расчетный ресурс агрегатов.

Обработкой резанием при изготовлении и восстановлении деталей нельзя достичь комплекса геометрических параметров поверхностей и свойств поверхностных слоев, которые обеспечиваются приработкой соединений.

Таким образом, изменение свойств поверхностей трения во время приработки соединений происходит в основном за счет поверхностного пластического деформирования материала деталей. Исходное состояние поверхностей трения переходит в эксплуатационное. При этом: достигается шероховатость поверхностей трения, близкая к той, которая установится в последующей эксплуатации независимо от того, какой она была до сборки; частично исправляются погрешности формы и расположения элементов деталей; увеличивается площадь фактического контакта поверхностей в соединениях; устанавливается упругий контакт поверхностей, разделенных смазочным материалом, что приводит к их минимальному изнашиванию.

Начальная скорость изнашивания поверхностей, а, следовательно, и время приработки соединений зависят от свойств материалов трущихся поверхностей и взаимного их расположения, достигнутого при сборке, давления на поверхности контакта, скорости скольжения, температуры материала на поверхности трения и свойств смазочного масла.

Наибольшей износостойкостью при прочих равных условиях обладают детали в соединениях, когда получен нормативный зазор (обеспечено жидкостное трение), а упругое деформирование выступов шероховатости сочетается с разрушением когезионных связей между ними в тонких поверхностных слоях (правило положительного градиента). Связи между поверхностями трения легко разрушаются при нанесении на них более мягкого пластичного материала (приработочного покрытия) или образовании такого материала в результате взаимодействия смазки с основным материалом (избирательного переноса). Мягкий пластичный материал между трущимися поверхностями исключает схватывание поверхностей и вырывание материала из поверхностного слоя детали.

Обкатка ДВС связана с ее длительным протеканием (0,5–2,5 ч), большим расходом электроэнергии и эксплуатационных материалов. Важное значение имеет выбор рациональных нагрузочно-скоростных режимов, которые определяют не только качество приработки, но и последующую долговечность ДВС [2].

Существует четыре основных направления применения мероприятий для ускоренной приработки двигателей: использование специальных обкаточных масел; введение специальных присадок, содержащих органические вещества, в эксплуатационные масла; прямое введение в масло мелкодисперсной абразивной присадки; введение в зону трения электрического тока [3]. Исследования, проведенные как в нашей стране, так и за рубежом, показали, что одним из наиболее эффективных способов, позволяющих за короткое время, отводимое на заводскую обкатку, существенно улучшить и ускорить приработку соединений ДВС, является применение обкаточных масел с присадками¹ [4–6].

Методы и материалы исследования. В качестве объекта исследования был выбран дизельный двигатель Д-245. Исследована стадия холодной обкатки, которая выполнялась на обкаточно-тормозном стенде КИ-2139Б с электрической балансирной машиной АКБ 82-4 с фазным ротором установочными элементами под обкатываемые изделия и механизмом передачи крутящего момента. Стенд обеспечивает создание тормозной мощности до 150 л.с. и пределы регулирования частоты вращения ротора электромашин в режиме двигателя 500–1400 мин⁻¹. Частота вращения коленчатого вала обкатываемого двигателя поддерживалась в пределах 700±10 мин⁻¹.

В процессе обкатки измерялись температура входящего, подаваемого к масляному насосу, проточного масла и мощность, развиваемая электромашинной, приводящей в движение ДВС, соответствующая мощности механических потерь, а также давление газов в цилиндре в конце такта сжатия. Температура масла, реактивный момент на корпусе электромашин, частота вращения коленчатого вала и давление газов в цилиндре измерялись цеховыми приборами.

В качестве смазочного материала использовалось моторное масло М-10Г₂, рекомендованное заводом-изготовителем – Минским моторным заводом. Наблюдалась работа двигателя как на чистом масле, так и на масле с присадками: Сурм КВ; Сурм УО; ТСКВ 100; Remetall; Practex; Newmen; Newmen 2 (таблица).

¹ Kock K.H. Computer aided tuning of digital controllers of the automation of engine test rigs // Predikt. and Simul. Serv. Cond. Conf. / London (22–23 May 2011). – London, 2011. – P. 81–90.

Порядок проведения лабораторных исследований и время контроля данных следующий. После подготовки стенда с установленным двигателем к запуску заливали масло, проверяли крепление всех соединений и запускали стенд. При проведении обкатки в течение 2 ч каждые 5 мин снимались показания: температуры масла, механических потерь на трение и давления газов в цилиндре, которые заносили в протокол эксперимента.

Таблица. – Характеристика используемых присадок

Наименование	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 за счет создания в зоне трения маслостойкой пористой структуры, защищающей детали от изнашивания	Присадка на основе порошков меди, олова и хрома
Practex, Newmen, Newmen 2	«NEWMEN», США	Увеличение срока службы агрегатов (до 5 раз), увеличение компрессии и мощности ДВС на 10–15%, уменьшение расхода топлива на 10–35%, увеличение срока службы масла минимум в 2 раза	Синтетическая присадка

Основная часть. О качестве приработки соединений чаще всего судят по изменению механических потерь на трение. Этот параметр удобен тем, что его измерение позволяет не прерывать обкатку двигателя. По мере приработки соединений потери на трение уменьшаются, при стабилизации потерь на трение мощность становится постоянной, что свидетельствует об окончании приработки.

Получены зависимости механических потерь от времени холодной обкатки двигателя Д-245 для выбранных присадок и масла М-10Г₂ (рисунок 2).

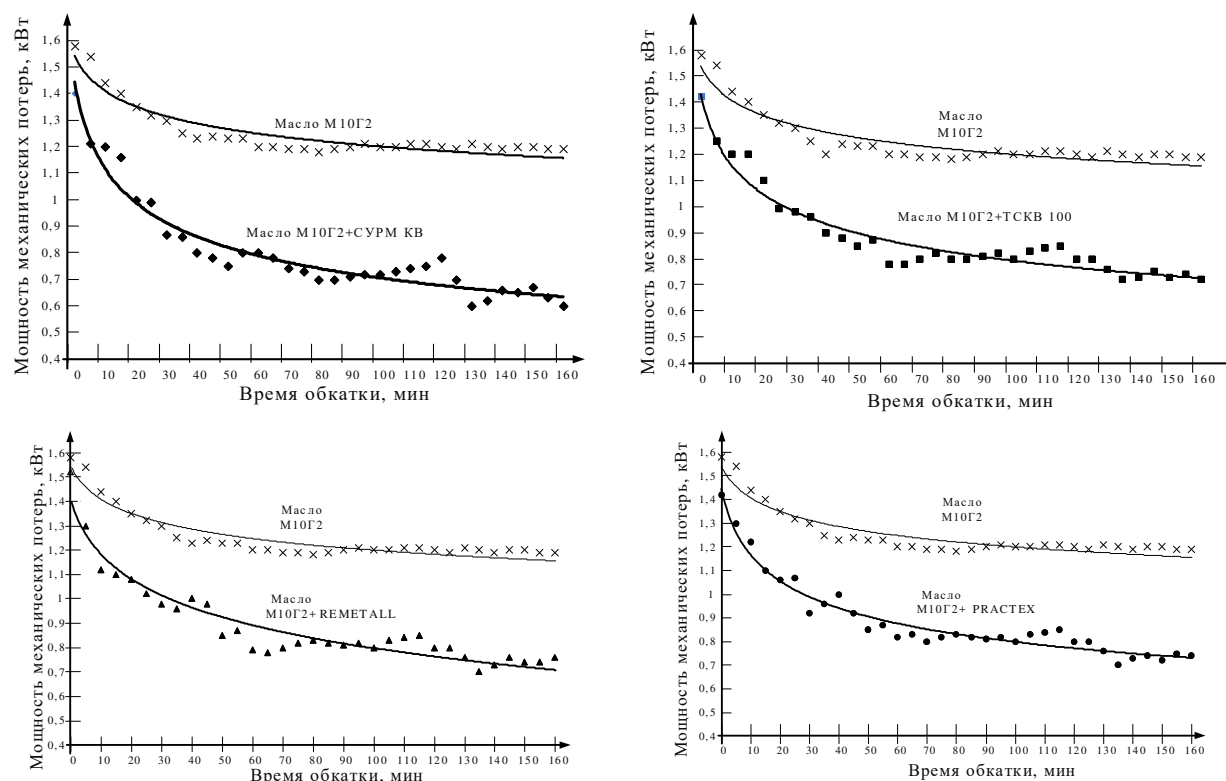


Рисунок 2. – Зависимости механических потерь от времени обкатки при работе на масле М-10Г₂ и композиции масла М-10Г₂ с присадками

Механические потери при применении присадки СУРМ КВ наиболее низкие. Режим обкатки устанавливается 60–70 мин, при применении других присадок не раньше 80–90 мин.

В начале обкатки ДВС температура масла повышается. По мере формирования оптимальной для данных условий микрогеометрии поверхностей происходит снижение и стабилизация температуры масла за счет уменьшения

шения температуры материала трущихся деталей. Динамика изменения температуры масла служит оценочным критерием качества приработки деталей.

Давление газов в конце такта сжатия свидетельствует о состоянии цилиндропоршневой группы ДВС. Разница показаний параметра в начале и конце обкатки характеризует степень приработки деталей этой группы. Было определено относительное увеличение давления газов при использовании чистого масла М-10Г₂ и его композиций с присадками (рисунок 3). По этому показателю на фоне остальных в лучшую сторону выделяются композиции из масла М-10Г₂ с присадками СУРМ КВ и Remetall.

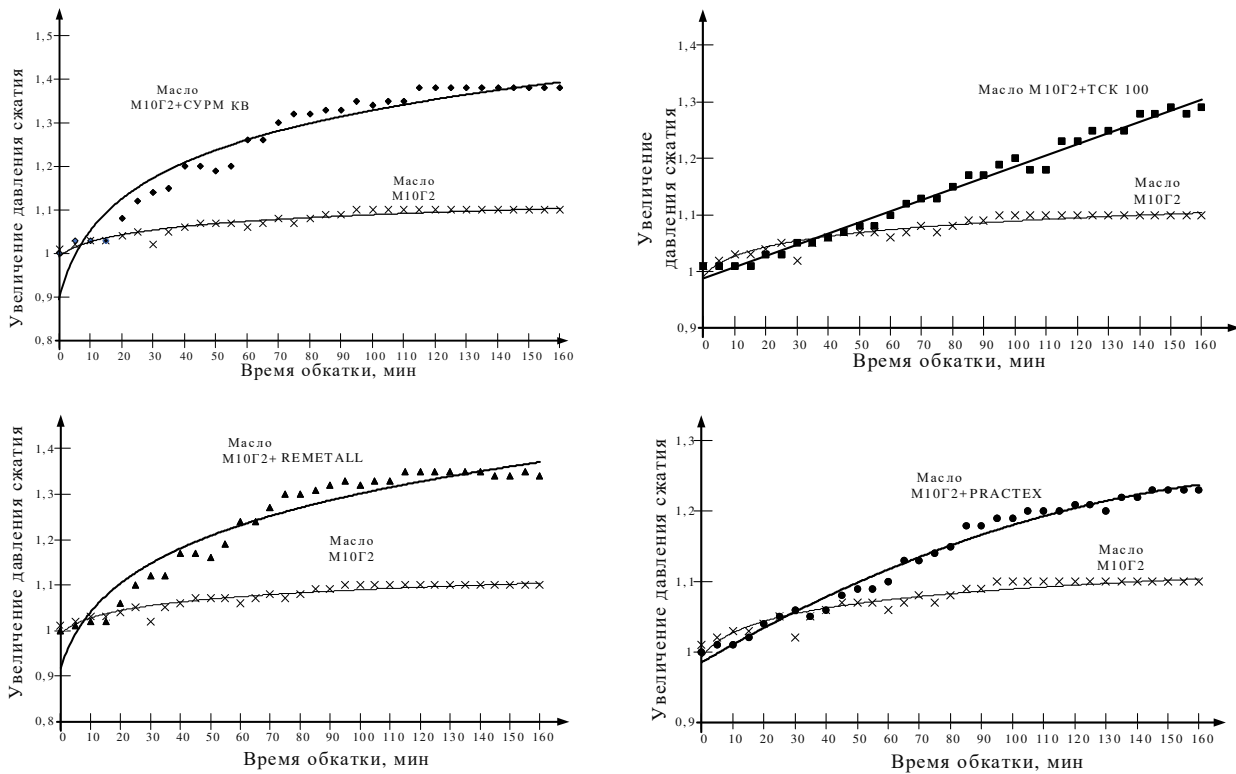


Рисунок 3. – Зависимости относительного увеличения давления в конце такта сжатия при холодной обкатке на масле М-10Г₂ и композиции М-10Г₂ с присадками

Во всех рассмотренных случаях наилучшие результаты обеспечивает присадка СУРМ КВ с ее содержанием в масле 3,2–3,4%. Влияние сочетания температуры подаваемого масла и времени обкатки на увеличение давления сжатия газов и механических потерь приведено на рисунках 4 и 5.

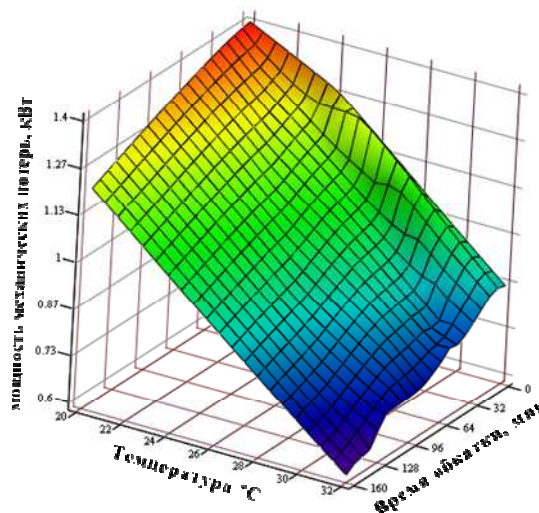


Рисунок 4. – Зависимость относительного увеличения давления сжатия газов от температуры подаваемого масла и времени обкатки

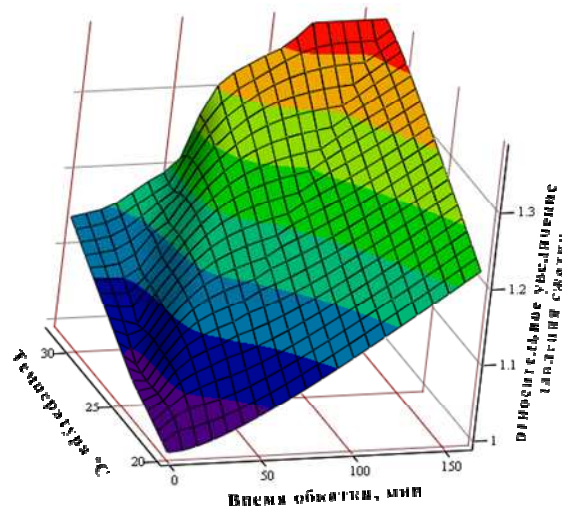


Рисунок 5. – Зависимость механических потерь от температуры подаваемого масла и времени обкатки

При исследовании температура подаваемого масла изменялась от 20 до 80 °С с интервалом в 10 °С. Оптимальной температурой подаваемого масла М-10Г₂ с присадкой СУРМ КВ при холодной обкатке дизельного двигателя Д-245 является температура в пределах 55–65 °С.

Для этого температура подаваемого масла изменялась от 20 до 80 °С с интервалом в 10 °С. Оптимальной температурой масла М-10Г₂ с присадкой СУРМ КВ для холодной обкатки дизельного двигателя Д-245 является температура в пределах от 55 до 65 °С.

Заключение. Применение присадок к маслам при проведении обкатки позволяет сократить время обкатки в 1,5 раза. Холодная обкатка дизельных двигателей на ремонтном предприятии с применением масла М-10Г₂ с присадкой СУРМ КВ с ее содержанием 3,2–3,4% при температуре подаваемого масла 55–65 °С требует длительности 60 мин.

Применение присадки СУРМ КВ позволяет получить давление сжатия при проведении холодной обкатки такое 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 внутреннего сгорания заключается в сокращении ее времени и уменьшении расхода топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярошевич В.К., Савич А.С., Иванов В.П. Технология производства и ремонта автомобилей. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. – 589 с.
2. Никифоров А.Д., Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. Высокие технологии размерной обработки в машиностроении. – М.: Высш. шк., 2007. – 327 с.
3. Стрельцов В.В. Ресурсосберегающая ускоренная обкатка отремонтированных двигателей. – 2-е стер. изд. – М.: Колос, 1995. – 170 с.
4. Беднарский В.В. Организация капитального ремонта автомобилей. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 592 с.
5. Структура и свойства износостойких покрытий / П.А. Витязь, Л.М. Кожуро, А.Ф. Ильющенко и др.; под ред. П.А. Витязя. – Минск: Белор. гос. аграр. техн. ун-т, 2006. – 327 с.
6. Etude experementale des relations entre fffottement et usure dans moteurs a combustion interne / R. Ledus, J. Vaerman, R. De Craecker et al. // Ann. Inst. Beige petrole. – 2005. – № 4. – P. 9–15.

REFERENCES

1. Yaroshevich, V.K., Savich, A.S. & Ivanov, V.P. (2011). *Tekhnologiya proizvodstva i remonta avtomobilei*. Minsk: Adukatsyya i vykhavanne. (In Russ.)
2. Nikiforov, A.D., Kovshov, A.N. & Nazarov, Yu.F. (2007). *Vysokie tekhnologii razmernoj obrabotki v mashinostroenii*. Moscow: Vysshaya shkola. (In Russ.)
3. Strel'tsov, V.V. (1995). *Resursosberegayushchaya uskorennaya obkatka otremonirovannykh dvigatelei*. Moscow: Kolos. (In Russ.)
4. Bednarskii, V.V. (2005). *Organizatsiya kapital'nogo remonta avtomobilei*. Rostov-on-Don: Feniks. (In Russ.)
5. Vityaz', P.A., Kozhuro, L.M., Il'yushchenko, A.F., Devoino, O.G. & Kardapolova, M.A. (2006). In P.A. Vityaz' (Ed.) *Struktura i svoystva iznosostoikikh pokrytii*. Minsk: Belorusskii gosudarstvennyi agrarnyi tekhnicheskii universitet. (In Russ.)

6. Ledus, R., Vaerman, J., Craecker, R. De & Brille, G. De. (2005). Etude experementale des relations entre frottement et usure dans moteurs a combustion interne. *Ann. Inst. Beige petrole*, (4), 9–15.

Поступила 09.01.2024

**RESOURCE-SAVING RUN-IN OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES
AT USE OF OIL MODIFYING ADDITIVES**

V. IVANOV, T. VIGERINA
(*Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk*)

Using the example of the cold stage of running-in of a D-245 diesel engine on a running-brake stand KI-2139B at a crankshaft speed of the engine being run in within $700 \pm 10 \text{ min}^{-1}$, it was established that the use of additives to lubricating oils allows reducing the break-in time by 1,5 times. Cold running-in of diesel engines at a repair facility using M-10G2 oil with the SURM KV additive containing 3,2–3,4% at a supply oil temperature of 55–65 °C requires a duration of 60 minutes. The use of the SURM KV additive makes it possible to obtain compression pressures during cold running that are the same as during hot running at idle using the basic technology. The exclusion of the hot running-in mode at idle speed from the technological process of running-in diesel engines is justified. The economic effect of introducing special additives into the lubricant during running-in of internal combustion engines is to reduce its time and reduce fuel consumption.

Keywords: *engine, running-in, running-in of joints, lubricating oil, additives, mechanical losses.*