

УДК 631.431

DOI 10.18286/1816-4501-2020-4-20-25

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА УСКОРЕННОЙ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО ИЗМЕНЕНИЮ РАСХОДА КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ, ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА**

**Карпенко Михаил Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Сервис и механика»

**Карпенко Галина Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 89050357550;

e-mail: mikhailcarpenko@yandex.ru

**Ключевые слова:** испытания, износ, поверхностно-активные вещества, ресурс, качество, эффективность, двигатель внутреннего сгорания

Стабилизация расхода картерных газов и его снижение по сравнению с соответствующим режимом обкатки двигателя на чистом масле служат показателями эффективности действия присадки на приработку. Кроме того, в процессе обкатки двигателей происходит снижение давления масла. Уменьшение скорости падения давления и температуры масла в системе смазки двигателя характеризует качество приработки. Применение различных масел с приработочными композициями, содержащими поверхностно-активные (ПАВ) и химически-активные вещества (ХАВ), ускоряют процесс обкатки и повышают ее качество и снижают затраты на ремонт в целом. Исследовали двигатели внутреннего сгорания марки УМЗ-421, ускоренную обкатку которых проводили на участке обкатки ОАО «Ульяновский авторемонтный завод № 2» и в лаборатории испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) Ульяновского ГАУ. Установлено что при ускоренной обкатке эффективность присадок и масел по отношению к маслу М-8-В распределяется следующим образом: ОМД-8; М-8-В SINTEC + 3 % ВАРКС; М-8-В SINTEC + 2 % ОГМ-3 соответственно в 3,52; 3,25; 3,07 раза. Согласно результатам проведенных исследований сделано заключение о том, что применение ускоренной обкатки на различных приработочных составах М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85) + 2 % ОГМ-3; М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85) + 3 % ВАРКС; ОМД-8 способствует снижению объема выделяемых картерных газов до 3,5 раз, снижает падение давления в системе смазки двигателя в процессе ускоренной обкатки с 2,38 раза до 1,17 раз. Также снижается температура масла в системе смазки двигателя в конце горячей обкатки под нагрузкой в 1,15 раза, с 433 К до 376 К. Данные исследования подтверждают предположение о том, что применение обкаточных масел с присадками для ускорения приработки трущихся поверхностей оказывает положительное влияние не только на приработку цилиндропоршневой группы, но и других ответственных трущихся сопряжений двигателя УМЗ -421.

### **Введение**

Один из показателей качества приработки деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) двигателя - прорыв картерных газов. Стабилизация расхода картерных газов и его снижение по сравнению с соответствующим режимом обкатки двигателя на чистом масле служат показателями эффективности действия присадки на приработку [1, 2, 3]. Кроме того, в процессе

обкатки двигателей происходит снижение давления масла. Давление масла в основном отражает состояние соединения коленчатый вал – вкладыш [4, 5, 6]. Чем больше износ деталей, тем меньше давление масла в системе. Падение давления масла наблюдается также при перегреве двигателя. Температурный режим во время приработки трущихся поверхностей всегда выше, чем приработанных [7, 8, 9]. Это связано

с их начальной шероховатостью, которая в процессе обкатки постепенно снижается и в конечном итоге стабилизируется. Чем ниже температура поверхностей в процессе их приработки, тем выше качество обкатки двигателя в целом [10, 11]. Стабилизации температуры приработки можно добиться повышением качества чистоты поверхности сопрягаемых деталей [12, 13]. Однако в условиях ремонтного производства это не всегда экономически целесообразно, так как требуется соответствующее технологическое оборудование, назначение дополнительных финишных операций, что удорожает стоимость ремонта двигателей в целом [14-16]. В итоге уменьшение скорости падения давления и температуры масла в системе смазки двигателя характеризует качество приработки. Следовательно, применение различных масел с приработочными композициями, содержащими поверхностно-активные (ПАВ) и химически-активные вещества (ХАВ), ускоряют процесс обкатки и повышают ее качество и снижают затраты на ремонт в целом [17, 18].

#### Материалы и методы исследований

Для исследований были выбраны двигатели внутреннего сгорания марки УМЗ-421, ускоренную обкатку которых проводили на обкаточно-тормозных стендах КИ-5543 с электрической балансировочной машиной АКБ-82 на участке обкатки ОАО «Ульяновский авторемонтный завод № 2» и в лаборатории испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) Ульяновского ГАУ.

Для определения расхода картерных газов двигателя отсоединяли трубку системы вентиляции картера и закрывали пробками отверстия клапанной крышки и масломерного патрубка так, чтобы картерные газы могли выходить только через маслозаливную горловину. Входной шланг счетчика РГ-40, при помощи которого замеряли расход картерных газов на каждом режиме обкатки, устанавливали в отверстие маслозаливной горловины.

В процессе приработки прослеживали колебания изменения расхода газов. Как известно, такое явление связано с вращением поршневых колец вокруг оси поршня в период обкатки. Чем быстрее и чаще проворачиваются кольца, тем качественнее приработка соединения гильза - кольцо.

О ходе приработки судили по амплитуде изменения расхода картерных газов, которая уменьшалась и почти исчезала к концу обкатки, что указывало на завершение приработки. Рас-

ход газов через 15...20 мин обкатки на маслах М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85) + 3 % ВАРКС [17] и М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85) + 2 % ОГМ-3 [3, 5] был такой же, что и при обкатке на чистом масле после 75 мин, что свидетельствовало о возможности сокращения времени обкатки в 3...4 раза. При этом была замечена одна особенность. При обкатке на приработочном масле ОМД-8 [5] амплитуда изменения расхода картерных газов была не высокой, и в целом приработка происходила медленно, вероятно, из-за химической неактивности пленок дисульфида молибдена, наносимого из состава масла на поверхности трения.

Давление масла в двигателе определяли по показаниям манометра в начале и конце каждого этапа обкатки. Величина падения давления масла свидетельствовала о качестве приработки деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ) двигателя. Температуру воды и масла в двигателе контролировали по приборам стенда. Для этого на двигателе установили датчики и термодары.

В период холодной и горячей обкаток без нагрузки температура незначительно отличается при использовании различных приработочных составов. Состав приработочного масла оказывает основное влияние на горячую обкатку двигателя под нагрузкой.

Ускоренная обкатка двигателей УМЗ на маслах с приработочными присадками способствует уменьшению скорости падения давления масла. Это происходит потому, что двигатели меньше перегреваются.

По результатам измерений давления масла в начале обкатки, а также его давления и температуры в конце обкатки определяли показатели оценки качества приработки КМ соединения коленчатый вал - вкладыш по формуле [5]:

$$K_M = \frac{(P_{M1} - P_{M2})}{T_{M2}}, \quad (1)$$

где  $P_{M1}$  – давление масла в системе смазки двигателя в начале обкатки, МПа;  $P_{M2}$  – давление масла в системе смазки двигателя в конце обкатки, МПа;  $T_{M2}$  – температура масла в двигателе в конце обкатки, К.

Давление масла взаимосвязано с величиной зазоров в соединениях. Для определения изменения приведенного зазора в соединении коленчатый вал - вкладыш за время обкатки на различных приработочных маслах использовали уравнение [5]:

$$\Delta P_M = P_1 - P_2 = 0,0138 \cdot (\Delta_{пр2} - \Delta_{пр1}), \quad (2)$$

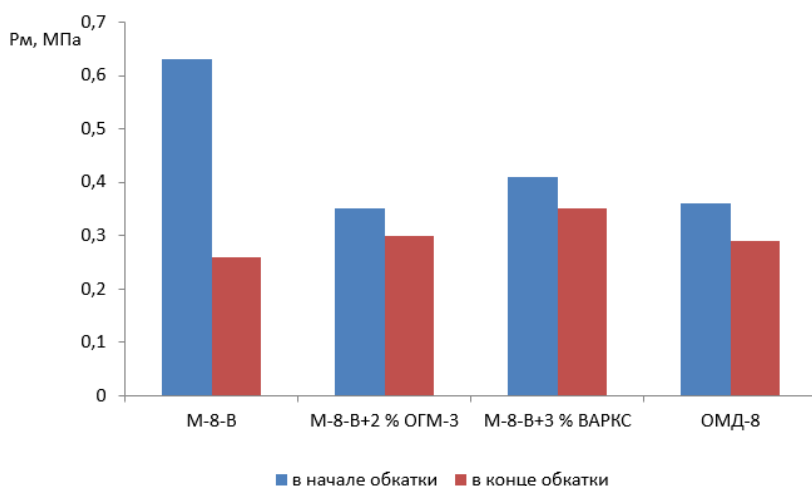


Рис. 1 - Изменение давления масла системе смазки двигателя УМЗ-421 за время ускоренной обкатки на различных прирабочных составах

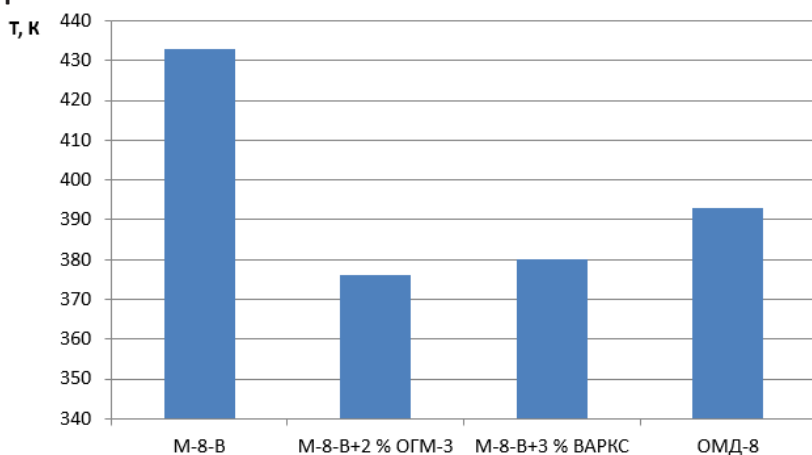


Рис. 2 – Температура масла в системе смазки двигателя УМЗ-421 в конце горячей обкатки под нагрузкой

где  $P_1$  и  $P_2$  – давление масла в начале и конце обкатки, МПа;  $\Delta_{пр1}$  и  $\Delta_{пр2}$  – приведенные зазоры в соединении коленчатый вал – вкладыш в начале и конце обкатки, мкм.

Тогда зазор между вкладышем и шейкой коленчатого вала, мкм,

$$\Delta S = \Delta_{пр2} - \Delta_{пр1} + \frac{\Delta P_M}{0,0138} \quad (3)$$

Очевидно, что увеличение зазора происходит за счет износа шеек коленчатого вала и вкладышей.

Отсюда суммарный износ шеек коленчатого вала и вкладышей за время обкатки

$$\Sigma I_{пр} = 0,63I_{в} + 0,37I_{ш} = \Delta S, \quad (4)$$

где 0,63 $I_{в}$  - доля суммарного износа за время обкатки, приходящаяся на вкладыши, мкм; 0,37 $I_{ш}$  - доля суммарного износа за время обкатки, приходящаяся на шейки коленчатого вала, мкм [5].

Полученное уравнение в совокупности с уравнением (3) позволяет определять износы деталей в зависимости от критериального показателя  $\Delta P_M$ .

#### Результаты исследований

Средние значения расхода картерных газов за время ускоренной обкатки двигателей представлены в таблице 1.

Согласно данным, приведенным в таблице 1, при ускоренной обкатке по отношению к маслу М-8-В композиции ОМД-8; М-8-В SINTEC + 3 % ВАРКС; М-8-В SINTEC + 2 % ОГМ-3 эффективнее соответственно в 3,52; 3,25; 3,07 раза. Меньший расход картерных газов на масле ОМД-8 наблюдался из-за меньших износов гильз цилиндров и поршневых колец.

Согласно данным исследований, представленных на рис. 1, можно сделать вывод, что наименьшее падение давления масла в системе смазки двигателя в начале и в конце обкатки достигается на прирабочных составах М-8-В SINTEC + 3 % ВАРКС и М-8-В SINTEC + 2 % ОГМ-3 - в 1,17 раза по сравнению с базовым маслом М-8-В SINTEC, у которого эта величина составляет 2,38 раза. Но при этом следует отметить, что при обкатке на прирабочном составе М-8-В

Таблица 1

Расход картерных газов при обкатке на различных прирабочных составах

Прирабочный состав	Время обкатки, мин.	Средний расход газов, л/мин.	Эффективность композиции по отношению к М-8-В
М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85)	115	64,4	-
М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85). + 2 % ОГМ-3	30	21,0	3,07
М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85). + 3 % ВАРКС	30	19,8	3,25
ОМД-8	60	18,3	3,52

Таблица 2

**Показатели качества приработки КМ и увеличение зазора  $\Delta S$  в соединении коленчатый вал - вкладыш двигателя УМЗ-421**

Прирабочный состав	Типовая обкатка	Ускоренная обкатка	$\Delta S$ , мкм
	КМ-10-3	КМ-10-3	
М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85)	0,76	-	24,0
М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85) + 2 % ОГМ-3	0,40	0,13	3,6
М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85) + 3 % ВАРКС	0,39	0,14	3,2
ОМД-8	0,36	0,20	5,8

SINTEC + 3 % ВАРКС давление в системе смазки в начале обкатки и по ее завершению оказалась выше, чем у М-8-В SINTEC + 2 % ОГМ-3, вероятно, за счет чуть более высокой вязкости.

Обкатка на чистом масле (рис. 2) М-8-В SINTEC характеризуется наиболее высокой температурой, равной 433 К. Применение масла М-8-В SINTEC с присадкой ВАРКС снижает температуру масла до 380 К. Введение присадки ОГМ-3 в масло М-8-В SINTEC обеспечивает снижение температуры масла в двигателе до 376 К, что наиболее близко к оптимальной, рекомендуемой в технических условиях на ремонт двигателя. Масло ОМД-8 за время обкатки нагревается до 393 К.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что лучшим по показателю КМ при типовой технологии обкатки является масло ОМД-8. При его использовании наблюдается наименьшее падение давления масла в системе смазки. Это объясняется тем, что масло ОМД-8 снижает прирабочные износы деталей. Составы М-8-В + 3 % ВАРКС и М-8-В + 2 % ОГМ-3 находятся соответственно на втором и третьем месте.

Ускоренная обкатка двигателей на маслах с присадками наиболее эффективна по показателю качества приработки КМ. Это достигается благодаря ускоренной приработке и достижению большой площади контакта прирабатываемых деталей. По сравнению с типовой обкаткой коэффициент КМ в 2...3 раза ниже при ускоренной обкатке. Это еще раз подтверждает возможность сокращения времени обкатки при использовании присадок.

#### Обсуждение

Предлагаемые мероприятия, направленные на обеспечение качества обкатки двигателей после ремонта занимают важное место в организации деятельности мотороремонтных предприятий. При этом всегда требуется учитывать энергетические и материальные затраты.

Проведенные исследования в области стабилизации расхода картерных газов, давления и температуры масла и их качественное изменение по сравнению с соответствующим режимом обкатки двигателя на чистом масле еще раз доказывают эффективность действия прирабочных композиций, содержащих поверхностно-активные (ПАВ) и химически-активные вещества (ХАВ) на приработку [18-21].

#### Заключение

Применение ускоренной обкатки на различных прирабочных составах М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85) + 2 % ОГМ-3; М-8-В SINTEC

(ГОСТ 17479.1-85) + 3 % ВАРКС и ОМД-8 снижает выделение картерных газов до 3,5 раз, а также снижает падение давления в системе смазки двигателя в процессе ускоренной обкатки с 2,38 раза до 1,17 раза. Также снижается температура масла в системе смазки двигателя в конце горячей обкатки под нагрузкой в 1,15 раза, с 433 К до 376 К.

Данные исследований подтверждают предположение о том, что применение обкаточных масел с присадками для ускорения приработки трущихся поверхностей оказывают положительное влияние не только на приработку деталей цилиндропоршневой группы, но и других ответственных трущихся сопряжений двигателя УМЗ-421.

#### Библиографический список

1. Федин, Н.А. Методы оценки качества отремонтированных двигателей / Н.А. Федин, С.С. Рябов // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - № 2 (49). - С. 30-37.
2. Карпенко, М.А. Повышение технико-экономических показателей двигателей при проведении обкатки после ремонта / М.А. Карпенко, Г.В. Карпенко, В.А. Голубев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - Ульяновск – 2017. - № 4(40). – С. 184-188.
3. Аксенов, А.З. Измерение массового расхода воздуха при испытаниях ДВС / А.З. Аксенов, Н.Н. Сергеев // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. - 2019. - № 1. - С. 37-40.
4. Дунаев, А.В. Совершенствование приработки отремонтированных автотракторных ДВС // Труды ГОСНИТИ. - 2016. - Т. 122. - С. 13-17.
5. Стрельцов, В.В. Ресурсосберегающая

ускоренная обкатка отремонтированных двигателей / В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. – М.: Колос, 1995. – 175 с.

6. Афанасьев, Д.И. Обоснование рационального состава и свойств масла для обкатки двигателей тракторов в условиях предприятий АПК / Д.И. Афанасьев // Наука в центральной России. - 2017. - № 1 (25). - С. 19-28.

7. Tasan, Y.C. Changes in the microgeometry of a rolling contact / Y.C. Tasan, M.B. de Rooij, and D.J. Schipper // Tribology International. 40, 2007. - pp. 672–679.

8. Карпенко, М.А. Ресурсосбережение при проведении обкатки двигателей после ремонта // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - Ульяновск – 2017. - № 1(37). – С. 167-170.

9. Карпенко, М.А. Обоснование методики экспериментальных исследований приработки деталей при вводе в масло присадочных материалов / М.А. Карпенко, Г.В. Карпенко // Достижения техники и технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Почетного работника высшего профессионального образования, Академика РАН, доктора технических наук, профессора Владимира Григорьевича Артемьева. - Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2018. – С. 303-309.

10. Johansson, S. New cylinder liner surfaces for low oil consumption / S. Johansson, P.H. Nilsson, R. Ohlsson, C. Anderberg, and B-G Rosen // Tribology International. 41, 2008. - pp. 854–859.

11. Савенок, Л.И. Предпосылки к улучшению качества приработки деталей цилиндропоршневой группы двигателя / Л.И. Савенок, Г.В. Брезгунов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. - 2020. - № 1 (19). - С. 119-123.

12. Применение тетрабората этилендиаммония в качестве антикоррозийной добавки к смазочно-охлаждающим жидкостям / С.В. Назаров, В.В. Артемов, Н.С. Родионов, В.О. Горячев // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения – Вольск, 2016. № 3 (39). - С. 99-100.

13. Королев, А.Е. Влияние режима технологической обкатки на ресурс двигателей / А.Е.

Королев // Меридиан. - 2019. - №8. - С. 48-51.

14. Тимохин, С.В. Результаты экспериментальных исследований технологии и средств холодной обкатки ДВС с использованием автономного приводного устройства / С.В. Тимохин, И.С. Королев // Нива Поволжья. - 2015. - № 4 (37). - С. 92-99.

15. Тойгамбаев, С.К. Применение статико-динамического нагружения при холодной обкатке двигателей внутреннего сгорания / С.К. Тойгамбаев, В.А. Евграфов // Тенденции развития науки и образования. - 2019. - № 52-4. - С. 45-54.

16. Андруш, В.Г. Выбор рационального режима обкатки ремонтируемых двигателей / В.Г. Андруш // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. - 2014. - № 11. - С. 127-133.

17. Патент RU 2340657. Приработочное масло / А.Н. Литвиненко, В.В. Варнаков, С.М. Сергеев, Н.С. Родионов, В.В. Артемов, М.А. Карпенко; опубл. 10.12.2008; Бюл. № 34.

18. Карпенко, М.А. Определение качества холодной обкатки по изменению потерь мощности на трение / М.А. Карпенко, А.А. Глущенко, Г.В. Карпенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - Ульяновск, УлГАУ – 2019. - № 2 (46). – С. 14-18.

19. Прищепов, М.А. Стендовая обкатка автотракторных дизелей с заданием ее режимов по мощности механических потерь / М.А. Прищепов, В.Г. Андруш // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия Аграрная наука. – 2012. – № 2. – С. 105–110.

20. Тимохин, С.В. Тенденции развития технологий и средств обкатки двигателей автотракторной техники / С.В. Тимохин, И.А. Спицын, И.Г. Голубев // Труды ГОСНИТИ. - 2017. - Т. 127. - С. 91-96.

21. Волченков, А.В. Исследование и разработка триботехнически обоснованных режимов обкатки двигателей после капитального ремонта / А.В. Волченков // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 11. - С. 136 -137.

## DETERMINATION OF THE QUALITY OF RAPID ENGINE BREAK-IN BY CHANGING THE CRANKCASE GAS FLOW RATE, OIL PRESSURE AND TEMPERATURE

Karpenko M.A., Karpenko G.V.  
FSBEI HE Ulyanovsk SAU  
432017, Ulyanovsk, Novy Venetz boulevard, 1; tel.: 89050357550;  
e-mail: mikhailcarpenko@yandex.ru

Key words: tests, wear, surface-active agents, resource, quality, efficiency, internal combustion engine

Stabilization of the crankcase gas flow rate and its reduction in comparison with the corresponding engine break-in mode on pure oil serve as indicators of the effectiveness of the additive for running-in. In addition, in the process of engine break-in there is a decrease in oil pressure. Reducing the rate of pressure drop and oil temperature in the engine lubrication system characterizes the quality of run-in. The use of various oils with pre-processing compositions containing surface-active agents (SAA) and chemically active substances (CAS), accelerate the process of break-in and improve its quality and reduce repair costs in general. Internal combustion engines of the UMZ-421 brand were studied, speed run-in of which was carried out at the run-in section of OJSC «Ulyanovsk automobile repair plant № 2» and in the internal combustion engine testing laboratory of the Ulyanovsk SAU. It is established that the efficiency of additives and oils in relation to M-8-B oil is distributed as follows during speed-up run-in: OMD-8; M-8-B SINTEC + 3 % BAPKC; M-8-B SINTEC + 2 % OGM-3 respectively in 3,52; 3,25; 3,07 times.

According to the results of the research, it was concluded that the use of fast run-in on various pre-production compositions M-8-in SINTEC (GOST 17479.1-85) + 2 % OGM-3; M-8 - in SINTEC (GOST 17479.1-85) + 3% VARS; OMD-8 reduces the volume of crankcase gases released up to 3.5 times, reduces the pressure drop in the engine lubrication system during fast run-in from 2.38 times to 1.17 times. Also, the oil temperature in the engine lubrication system decreases at the end of hot running under load by 1.15 times, from 433 K to 376 K. These studies confirm the assumption that the use of rolling oils with additives to accelerate running-in of rubbing surfaces has a positive effect not only on the alignment of the cylinder group, but also other critical friction pairs of the engine UMZ -421.

### Bibliography

1. Fedin, N.A. Methods for evaluating the quality of repaired engines / N.A. Fedin, S.S. Ryabov // World of transport and technological machines. - 2015. - № 2 (49). - P. 30-37.
2. Karpenko, M.A. Improving the technical and economic indicators of engines during running - in after repair / M.A. Karpenko, G.V. Karpenko, V.A. Golubev // Vestnik of Ulyanovsk State agricultural academy. - Ulyanovsk – 2017. - № 4(40). – P. 184-188.
3. Aksenov, A.Z. Mass air flow measurement during ICE tests / A.Z. Aksenov, N.N. Sergeev // Agricultural machinery: maintenance and repair. - 2019. - № 1. - P. 37-40.
4. Dunaev, A.V. Improving the running-in of repaired automotive ICE engines // Works of GOSNITI. - 2016. - V. 122. - P. 13-17.
5. Streltsov, V.V. Resource-saving rapid run-in of repaired engines / V.V. Streltsov, V.N. Popov, V.F. Karpenkov. – M.: Kolos, 1995. – 175 p.
6. Afanasyev, D.I. Justification of the rational composition and properties of oil for running-in of tractor engines in the conditions of AIC enterprises / D.I. Afanasyev // Science in Central Russia. - 2017. - № 1 (25). - P. 19-28.
7. Tasan, Y.C. Changes in the microgeometry of a rolling contact / Y.C. Tasan, M.B. de Rooij, and D.J. Schipper // Tribology International. 40, 2007. - p. 672–679.
8. Karpenko, M.A. Resource saving during engine run-in after repair // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. - Ulyanovsk – 2017. - № 1(37). – P. 167-170.
9. Karpenko, M.A. Justification of experimental techniques for running-in of parts when introducing additive materials into the oil / M.A. Karpenko, G.V. Karpenko // Achievements of engineering and technologies in AIC: materials of the International research to practice conference dedicated to the memory of the Honorary worker of higher professional education, academician of the Russian Academy of RANH, doctor of technical sciences, professor Vladimir Grigoryevich Artemyev. - Ulyanovsk: Ulyanovsk SAU, 2018. – P. 303-309.
10. Johansson, S. New cylinder liner surfaces for low oil consumption / S. Johansson, P.H. Nilsson, R. Ohlsson, C. Anderberg, and B-G Rosen // Tribology International. 41, 2008. - p. 854–859.
11. Savenok, L.I. Prerequisites for improving the quality of running-in parts of the cylinder-piston group of the engine / L.I. Savenok, G.V. Brezunov // Design, use and reliability of agricultural machinery. - 2020. - № 1 (19). - P. 119-123.
12. The use of tetraborate of ethylenediamine as anticorrosion additives to lubricating-cooling fluid / S.V. Nazarov, V.V. Artemov, N.S. Radionov, V.O. Goryachev // Scientific Vestnik of Volsk military Institute of material support – Volsk, 2016. № 3 (39). - P. 99-100.
13. Korolev, A.E. Influence of the process run-in mode on the engine life / A.E. Korolev // Meridian. - 2019. - №8. - P. 48-51.
14. Timokhin, S.V. Experimental data of the technology and means of cold running of ICE using an autonomous driving gear / S.V. Timokhin, I.S. Korolev // Niva of Povolzhye. - 2015. - № 4 (37). - P. 92-99.
15. Toygambaev, S.K. Application of static-dynamic loading during cold run-in of internal combustion engines / S.K. Toygambaev, V.A. Yevgrafov // Trends in the development of science and education. - 2019. - № 52-4. - P. 45-54.
16. Andrush, V.G. The choice of rational mode of running-in of repaired engines / V.G. Andrush // Vestnik of Polotsk State university. Series V. Industry. Applied sciences. - 2014. - № 11. - P. 127-133.
17. Patent RU 2340657. Running-oil / A.N. Litvinenko, V.V. Varnakov, S.M. Sergeev, N.S. Radionov, V.V. Artemov, M.A. Karpenko; published 10.12.2008; Bul. № 34.
18. Karpeno, M.A. Determination of cold run-in quality based on changes in power friction losses / M.A. Karpenko, A.A. Glushenko, G.V. Karpenko // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. - Ulyanovsk, ULSAU – 2019. - № 2 (46). – P. 14-18.
19. Prishepov, M.A. Bench run-in of motor-tractor diesels with setting of its modes by friction of horsepower / M.A. Prishepov, V.G. Andrush // News of the National Academy of Sciences of Belarus. Agricultural science series. – 2012. – № 2. – P. 105–110.
20. Timokhin, S.V. Trends in the development of technologies and tools for running-in of automotive engines / S.V. Timokhin, I.A. Spitsyn, I.G. Golubev // Works of GOSNITI. - 2017. - V. 127. - P. 91-96.
21. Volchenkov, A.V. The research and development of tribotechnically based modes of engine running-in after major repairs / A.V. Volchenkov // Modern problems of science and education. - 2015. - № 11. - P. 136-137.