

УДК 621.43+ 621.8

DOI 10.18286/1816-4501-2019-2-14-18

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ХОЛОДНОЙ ОБКАТКИ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ НА ТРЕНИЕ

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

**Глущенко Андрей Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования»

**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:** износ, поверхностно-активные вещества, ресурс, испытания, качество, эффективность.

Мероприятия, направленные на обеспечение качества обкатки двигателей после ремонта, занимают важное место в организации деятельности мотороремонтных предприятий. Их снижению может способствовать ускорение времени приработки деталей двигателей после ремонта и применение для обкатки более качественных отечественных сортов моторных масел. Исследования в области применения различных масел с приработочными композициями, содержащими поверхностно-активные (ПАВ) и химически-активные вещества (ХАВ), ускоряют процесс обкатки и повышают ее качество. Исследования проводили на участке обкатки ОАО «Ульяновский авторемонтный завод № 2» и в лаборатории испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) Ульяновского ГАУ. Коллективом авторов разработана приработочная присадка к маслу – ВАРКС. Она позволяет значительно ускорить время приработки сопряженных поверхностей при обкатке. Проведенные эксперименты показали, что по потерям мощности на трение можно судить о качестве обкатки двигателей. Было установлено, что при добавлении приработочной композиции ВАРКС (3 % по массе) в эксплуатационные масла механические потери на трение интенсивно снижаются. Эффективность масел различного состава по снижению и стабилизации механических потерь на трение уменьшается в следующем порядке: М-8-В + 3 % ВАРКС; И-40А + ВАРКС; И-40А; М-8-В; М-5<sub>3</sub>/10-Г<sub>1</sub>; М-6<sub>3</sub>/10-В. Результаты исследований свидетельствуют о том, что потери мощности на трение после ускоренной обкатки двигателей на маслах М-8-В и И40А с приработочной композицией ВАРКС ниже по сравнению с типовой обкаткой на чистых маслах. Это подтверждает эффективность использования применяемой композиции. При ее применении с маслами М-8-В и И40А потери на трение соответственно в 1,45 и 1,47 раза ниже по сравнению с обкаткой на чистом масле М-8-В.

### Введение

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. Их снижению может способствовать ускорение времени приработки деталей двигателей после ремонта и применение для обкатки более качественных

отечественных сортов моторных масел.

Исследования в области применения различных масел с приработочными композициями, содержащими поверхностно-активные (ПАВ) и химически-активные вещества (ХАВ), ускоряют процесс обкатки и повышают ее качество [1, 2, 3].

### Объекты и методы исследований

Исследования проводили на участке обкатки ОАО «Ульяновский авторемонтный завод

№ 2» и в лаборатории испытания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) Ульяновского ГАУ.

Коллективом авторов разработана прирабочная присадка к маслу – ВАРКС [4, 5, 6]. Она представляет собой смазочную композицию из олеиновой кислоты, тетрабората этилендиаммония и октадецилсульфата натрия и позволяет значительно ускорить время приработки сопряженных поверхностей при обкатке.

В период холодной обкатки прирабочный эффект достигается за счет ПАВ, в качестве которых выступает олеиновая кислота ( $C_{17}H_{33}COOH$ ) и вода, присутствующая в масле, а также октадецилсульфат натрия ( $C_{18}H_{37}SO_3Na$ ) [7, 8, 9].

Проведенные эксперименты показали, что по потерям мощности на трение можно судить о качестве обкатки двигателей.

При проведении испытаний двигателей на обкаточно-тормозном стенде КИ-5543 с электрической балансировочной машиной АКБ-82 потери мощности на трение можно контролировать по изменению показаний  $P$  весового механизма тормоза стенда (при постоянной частоте вращения электродвигателя стенда  $n = const$ ) или по увеличению  $n$  (при  $P = const$ ). Так как электродвигатель стенда - асинхронная машина, то показания весового механизма тормоза остаются постоянными, а частота вращения вала двигателя изменяется при неизменном положении ножей реостата, т. е. двигатель стенда развивает большую мощность за счет снижения трения в соединениях ДВС.

Потери мощности на трение, кВт, в ДВС в период холодной обкатки [3]

$$N_T = 2N_1 - N_2 = \frac{Pl}{9554}(2n_1 - n_2), \quad (1)$$

где  $N_1$  и  $N_2$  – мощности, развиваемые электродвигателем стенда при его прокрутке в начале обкатки и момент измерения, кВт;  $P$  – показания весов тормоза, Н;  $l$  – плечо весового устройства тормоза ( $l = 0,716$  м);  $n_1$  и  $n_2$  - частоты вращения двигателя в начале обкатки и в момент измерения,  $мин^{-1}$  (согласно технической характеристики стенда  $n_2 \leq 1400$   $мин^{-1}$ ).

Для сравнения результатов при обкатке разных двигателей начальную частоту вращения коленчатого вала приводят к значению, равному  $800$   $мин^{-1}$ , а последующие значения частоты вращения коленчатого вала корректируют. Например, если начальная частота вращения коленчатого вала равна  $500$   $мин^{-1}$ , то коэффициент приведения будет равен  $800/500 = 1,6$ . Корректировку частоты вращения коленчатого

вала корректируют путем умножения текущих значений на коэффициент приведения.

После подстановки в формулу исходных постоянных значений  $P_T = 130$  Н,  $l = 0,716$  м,  $n_1 = 800$   $мин^{-1}$  формула принимает вид:

$$N_T = 0,0097(1600 - n_2) = 16 - 0,01n_2. \quad (2)$$

Используя полученную зависимость, определяли потери мощности на трение, регистрируя частоту вращения двигателя каждые две минуты [6].

Изменения потерь мощности на трение за период холодной обкатки определяют прокруткой ДВС электродвигателем стенда после обкатки, измеряя частоту вращения двигателя и показания весового механизма тормоза.

Показатель, учитывающий изменение потерь мощности на трение в период холодной обкатки, называют коэффициентом прирабочности  $K_1$  и определяют по формуле:

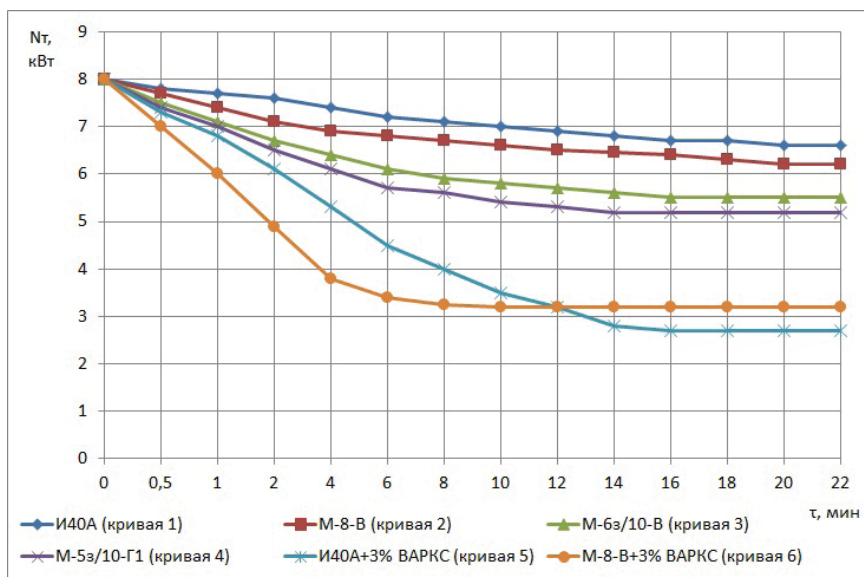
$$K_1 = \frac{N_{T1} - N_{T2}}{N_{T1}}, \quad (3)$$

где  $N_{T1}$  и  $N_{T2}$  - потери мощности на трение соответственно до и после холодной обкатки на чистых маслах и маслах с присадками, кВт.

В период холодной обкатки происходит интенсивное изменение геометрических характеристик поверхностей с износами, достигающими 70 % износа за весь обкаточный период. Механические потери на трение при прокрутке от электродвигателя стенда зависят в основном от трения в соединениях гильза - поршневое кольцо и гильза - поршень (78...83 %). По мере приработки снижаются и стабилизируются потери на трение. На различных маслах стабилизация происходит по-разному [10].

### Результаты исследований

Изменения потерь мощности на трение  $N_T$  во время холодной обкатки при испытании двигателей на стандартных маслах представлены на рисунке 1. Масло индустриальное И-40А (ГОСТ 20799-88) не имеет в своем составе присадок, поэтому оно значительно дешевле моторных масел. По вязкости это масло соответствует вязкости масла М-8 ГОСТ 17479-85. По классификации SAE и API оно соответствует вязкости SAE20. Всесезонное моторное масло М-6з/10-В (ГОСТ 10541-78) изготовлено на основе компаундированного базового масла и композиции присадок. Соответствует маслу SAE20W30 SE, используется при эксплуатации среднефорсированных бензиновых двигателей. Масло М-8-В SINTEC (ГОСТ 17479.1-85) по своему действию



**Рис. 1 – Зависимость потерь мощности на трение от продолжительности холодной обкатки двигателей, типа используемого масла и наличия в нем приработочных композиций**

и применению аналогично маслу М-6<sub>з</sub>/10-В, но отличается содержанием присадок. Масло М-5<sub>з</sub>/10-Г<sub>1</sub> изготовлено на основе дистиллятных компонентов, загущенных макрополимерными присадками в количестве 7...12,5 %. Его используют для высокофорсированных двигателей легковых автомобилей. По SAE соответствует классу 15W30 SE.

Приведенные на рисунке 1 кривые (1, 2, 3, 4) показывают некоторую зависимость потерь мощности на трение от продолжительности хо-

лодной обкатки двигателей и содержания эксплуатационных присадок в масле.

Меньше всего снижаются потери мощности на трение при обкатке на масле И-40А, не содержащем присадок. При использовании масла М-8-В, содержащего 10 % присадок, потери на трение по сравнению с маслом И-40А снижаются на 3 %. Еще в большей мере снижают потери на трение все-сезонное масло И-6з/10-В, содержащее 13,5 % присадок, и масло М-5<sub>з</sub>/10-Г<sub>1</sub>, содержащее 12,5 % присадок.

При добавлении приработочной композиции ВАРКС (3 % по массе) в эксплуатационные масла механические потери на трение интенсивно снижаются. При этом наибольший эффект наблюдается при использовании масел, содержащих меньшее количество эксплуатационных присадок. Такое явление, скорее всего, происходит из-за взаимодействия присадок.

При введении в масло И-40А присадки - приработочной композиции ВАРКС (кривая 5) трение снижается наиболее эффективно, однако скорость изменения потерь мощности на трение здесь невелика. Наибольшая скорость изменения потерь мощности на трение наблю-

**Таблица 1**

**Показатели прирабатываемости ( $K_1, \tau_{ст}$ ) в период холодной обкатки двигателей**

Приработочное масло	Коэффициент прирабатываемости $K_1$	Время стабилизации $\tau_{ст}$ , мин	Эффективность, %
И-40А	0,19	20	45
И-40А + 3% ВАРКС	0,70	14	64
М-8-В	0,21	20	45
М-8-В+3% ВАРКС	0,62	9	100
М-6 <sub>з</sub> /10-В	0,28	16	56
М-5 <sub>з</sub> /10-Г <sub>1</sub>	0,31	15	60

**Таблица 2**

**Средние значения потерь мощности на трение**

Приработочное масло	Время обкатки, мин.	Потери мощности, кВт, при частоте вращения электродвигателя стенда, мин <sup>-1</sup>			Среднее значение $N_t$ , кВт	Эффективность по отношению к маслу М-8-В
		800	1200	1600		
М-8-В	115*	3,8	3,7	3,5	3,67	-
М-8-В+3 % ВАРКС	30**	2,5	2,6	2,5	2,53	1,45
И-40А+3 % ВАРКС	30**	2,5	2,4	2,6	2,50	1,47

Примечание: \* - типовая; \*\* - ускоренная

дается при введении присадки ВАРКС в масло М-8-В (кривая б). При этом время стабилизации механических потерь на трение по сравнению с чистым маслом М-8-В уменьшается в 2,2 раза и составляет примерно 9 минут.

Показатели прирабатываемости деталей и времени стабилизации механических потерь на трение в период холодной обкатки на чистых маслах и с добавлением в них прирабочной композиции ВАРКС приведены в таблице 1.

Эффективность масел различного состава определяли по формуле

$$\frac{\tau_{ст\ min}}{\tau_{ст}} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где  $\tau_{ст\ min}$  – минимальное время стабилизации, мин.;  $\tau_{ст}$  – текущее время стабилизации, мин.

Эффективность масел различного состава по снижению и стабилизации механических потерь на трение уменьшается в следующем порядке: М-8-В + 3 % ВАРКС; И-40А + ВАРКС; И-40А; М-8-В; М-5<sub>3</sub>/10-Г<sub>1</sub>; М-6<sub>3</sub>/10-В.

Характер действия прирабочной композиции ВАРКС сохраняется при обкатке различных двигателей [10, 11].

Средние значения потерь мощности на трение в двигателях после их обкатки на чистых маслах и с добавлением в них прирабочной композиции ВАРКС приведены в таблице 2.

#### Выводы

Данные, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о том, что потери мощности на трение после ускоренной обкатки двигателей на маслах М-8-В и И40А с прирабочной композицией ВАРКС ниже по сравнению с типовой обкаткой на чистых маслах. Это подтверждает эффективность использования применяемой композиции. При ее применении с маслами М-8-В и И40А потери на трение соответственно в 1,45 и 1,47 раза ниже по сравнению с обкаткой на чистом масле М-8-В.

#### Библиографический список

1. Bowden, F.P. Solid surfaces under static and sliding contact: Some recent work on micro-deformation and chemical reactivity / F.P. Bowden, D. Tabor, N. Gan, R.F. Willis. - Z. Phys. Chem. 244, 1973. – P. 129-143.

2. Wolker, S.T. A running in procedure for diesel engines / S.T. Wolker // Mechanical Power. – 1963. - № 700. – P. 39-42.

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

4. Пат. 2340657 Российская Федерация. Прирабочное масло / А.Н. Литвиненко, В.В. Варнаков, С.М. Сергеев, Н.С. Родионов, В.В. Артемов, М.А. Карпенко; опубл. 10.12.08; Бюл. № 34. – 4 с.

5. Применение тетрабората этилдиамония 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. - 2016. - № 3 (39). - С. 99-100.

6. Карпенко, М.А. Принцип действия и результаты исследования прирабочной присадки ВАРКС для ускоренной обкатки карбюраторных двигателей / М.А. Карпенко, В.В. Варнаков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2004. - № 11. – С. 88-90.

7. Капитанов, Ю.Н. Исследование влияния смазочной композиции на качество приработки деталей двигателя / Ю.Н. Капитанов, В.В. Артемов // Научно-исследовательские публикации. 2014. - № 8 (12). - С. 47-52.

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

9. Капитанов, Ю.Н. Способ холодной обкатки двигателей с применением воздушной прирабочно-консервационной смеси / Ю.Н. Капитанов, В.В. Артемов, Н.С. Родионов // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения. - 2014. - № 2 (34). - С. 238-240.

10. Хохлов, А.Л. Повышение качества обкатки двигателей после ремонта с использованием присадок / А.Л. Хохлов, В.В. Варнаков. - Ульяновск: УГСХА, 2012. – 155 с.

11. 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. - 2017. - № 4(40). – С. 184-188.

## SPECIFICATION OF COLD RUNNING-IN QUALITY TO POWER CHANGE LOSSES FOR FRICTION

Karpenko M. A., Glushchenko A. A., Karpenko G.V.  
FSBEI HE Ulyanovsk SAU

432017, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, 1; tel.: 89050357550; e-mail: mikhailcarpenko@yandex.ru

*Keywords: wear, surfactants, resource, testing, quality, efficiency.*

Measures aimed at ensuring the quality of engine running-in after repair take an important place in activity of engine-repair enterprises. Their reduction can be facilitated by the acceleration of the running-in time of engine parts after repair and the use of better-quality domestic engine oil for running. Research in the field of application of various oils with running-in compositions containing surface-active (surfactant) and chemical-active substances accelerate the running-in process and improve its quality. Research was carried out at the run-in area of OAO Ulyanovsk Car Repair Plant No. 2 and in the testing laboratory of internal combustion engines (ICE) of the Ulyanovsk State Agrarian University. The authors' team has developed oil running-in additive - VARKS. It allows to significantly speed up the running-in time of the mating surfaces during the run-in. Experiments have shown that the quality of engine running can be judged by the power loss for friction. It was found that with the addition of the running-in composition VARKS (3% of weight) in the operating oils, the mechanical friction losses were intensely reduced. The effectiveness of oils of different composition to reduce and stabilize mechanical friction losses decreases in the following order: M-8-B + 3% VARKS; I-40A + VARKS; I-40A; M-8-B; M-5<sub>2</sub>/10-G<sub>2</sub>; M-6<sub>2</sub>/10-B. Research results indicate that the power loss due to friction after the accelerated running in of engines on M-8-B and I40A oils with running-in composition VARKS is lower compared to the typical running-in on pure oils. This confirms the effectiveness of use of the composition. In case of its application with M-8-B and I40A oils, friction losses are 1.45 and 1.47 times lower, respectively, compared to running-in on pure M-8-B oil.

### Bibliography

1. Bowden, F.P. Solid surfaces under static and sliding contact: Some recent work on micro-deformation and chemical reactivity / F.P. Bowden, D. Tabor, N. Gan, R.F. Willis. - Z. Phys. Chem. 244, 1973. - P. 129-143.
2. Wolker, S.T. A running in procedure for diesel engines / S.T. Wolker // Mechanical Power. - 1963. - № 700. - P. 39-42.
3. Streltsov, V.V. Resource-saving accelerated running-in of repaired engines / V.V. Streltsov, V.N. Popov, V.F. Karpenkov. - M.: Kolos, 1995. - 175 p.
4. Pat. 2340657 Russian Federation. Break-in oil / A.N. Litvinenko, V.V. Varnakov, S.M. Sergeev, N.S. Rodionov, V.V. Artemov, M.A. Karpenko; publ. 10.12.08; Bul No. 34. - 4 p.
5. The use of ethyldiamonium tetraborate as an anticorrosive additive to coolant fluids / S.V. Nazarov, V.V. Artemov, N.S. Rodionov, V.O. Goryachev // Scientific vestnik of Volsky Military Institute of Material Support. - 2016. - № 3 (39). - p. 99-100.
6. Karpenko, M.A. The principle of action and the results of study of running-in additive VARKS for accelerated running in of carburetor engines / M.A. Karpenko, V.V. Varnakov // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2004. - № 11. - p. 88-90.
7. Kapitanov, Yu.N. Study of the effect of lubricating composition on the quality of running-in of engine parts / Yu.N. Kapitanov, V.V. Artemov // Scientific Research Publications. 2014. - № 8 (12). - P. 47-52.
8. Karpenko, M.A. Resource saving during engine running after repair / M.A. Karpenko // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2017. - № 1 (37). - P. 167-170.
9. Kapitanov, Yu.N. Method for cold running in of engines using an air running-in conservation mixture / Yu.N. Kapitanov, V.V. Artemov, N.S. Rodionov // Scientific vestnik of Volsky Military Institute of Material Support. - 2014. - № 2 (34). - P. 238-240.
10. Khokhlov, A.L. Improving the quality of engine run-in after repair using additives / A.L. Khokhlov, V.V. Varnakov. - Ulyanovsk: USAA, 2012. - 155 p.
11. Karpenko, M.A. Improving the technical and economic performance of engines during running-in after repair / M.A. Karpenko, G.V. Karpenko, V.A. Golubev // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2017. - № 4 (40). - P. 184-188.