

УДК 621.762

## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Степанов Михаил Викторович, кандидат технических наук, доцент,  
Трушина Лидия Николаевна, старший преподаватель,  
Лазарь Вера Владимировна, старший преподаватель;  
ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

**Аннотация:** В статье приведен анализ условий работы гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания. В двигателе внутреннего сгорания детали цилиндропоршневой группы работают в наиболее тяжелых условиях по сравнению с его другими парами трения. Износ гильз цилиндров зависит в основном от температурного, скоростного, нагрузочного режимов работы двигателя, а также режима и состояния смазки и ряда других факторов.

**Ключевые слова:** гильза цилиндра; долговечность; хонингование; двигатель внутреннего сгорания; износостойкость.

## ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS OF CYLINDER LINERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Stepanov Mihail Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Trushina Lidiya Nikolaevna, Senior Lecturer,  
Lazar Vera Vladimirovna, Senior Lecturer;  
Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia

**Abstract:** The article analyzes the working conditions of cylinder liners of internal combustion engines. In an internal combustion engine, parts of the cylinder-piston group work under the most severe conditions compared to its other friction pairs. Wear of cylinder liners depends mainly on the temperature, speed, load conditions of the engine, as well as the mode and state of lubrication and a number of other factors.

**Keywords:** cylinder liner; durability; honing; internal combustion engine; wear resistance.

---

Для цитирования: Степанов, М. В. Анализ условий работы гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания / М. В. Степанов, Л. Н. Трушина, В. В. Лазарь. – Текст : электронный // Наука без границ. – 2020. – № 7 (47). – С. 48-53. – URL: <https://nauka-bez-granic.ru/№7-47-2020/7-47-2020/>  
For citation: Stepanov M.V., Trushina L.N., Lazar V.V. Analysis of working conditions of cylinder liners of internal combustion engines // Science without borders, 2020, no. 7 (47), pp. 48-53.

---

Ремонт машин как производственный процесс восстановления утраченной ими работоспособности возник одновременно с появлением машин. Наличие огромного парка автотранспортной и сельскохозяйственной техники обуславливает повышенные требования к их надежности и долго-

вечности, качеству их ремонта.

Долговечность деталей машин зависит от выполняемых ими функций, широкого диапазона действующих нагрузок и скоростных режимов, разнообразия видов трения, используемых материалов, наличия отклонений в их свойствах, различия в допусках на раз-

меры, качества обработки поверхностей, взаимного расположения деталей, влияния условий эксплуатации. Вот почему за срок службы машины, определяемый долговечностью базовых деталей, значительное число деталей требует замены или восстановления [1, 2].

На сегодняшний день одним из важнейших направлений народного хозяйства является всестороннее рациональное использование сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов. В связи с этим дальнейшее развитие агропромышленного комплекса неразрывно связано с экономией металла, топлива, энергии, материалов.

Нехватка запасных частей, а в некоторых случаях их низкое качество, создают трудности при ремонте техники, работающей в сельском хозяйстве, что само собой заставляет обращать особое внимание на восстановление дорогостоящих, металлоёмких и сложных в изготовлении изношенных деталей.

При восстановлении деталей существенная экономия средств может быть достигнута за счет уменьшения затрат на материалы, а также за счет применения высокопроизводительных технологических процессов восстановления, обеспечивающих сокращение трудовых затрат и средств по сравнению с их изготовлением.

Существовавшая ранее сеть ремонтно-технических предприятий выполняла ремонт автомобилей, тракторов, комбайнов и всей другой сельскохозяйственной техники.

В настоящее время значительное число этих предприятий стали банкротами, многие перепрофилировались на другое направление, а некоторые просто не в состоянии выполнить

надежный и качественный ремонт техники. Это связано с тем, что большинство оборудования морально и физически износилось, а закупить новое, отвечающее современным технологиям, просто нереально для разваливающихся ремонтных предприятий из-за высокой стоимости оборудования. Также большинство ремонтных предприятий простаивают, из-за того что сельскохозяйственные организации стараются поддерживать работоспособность техники своими силами в виду нехватки денежных средств.

Плохая оснащённость предприятий оборудованием и нехватка материалов, необходимых для восстановления, ведут к ограничению возможности применения различных способов восстановления, которые могли бы позволить поддерживать в работоспособном состоянии технику более длительное время. Также особое внимание нужно уделить устаревшим технологиям, которые требуют их совершенствования и разработки, новых с учетом современного оборудования и материалов [3, 4].

Разработка и совершенствование технологического процесса восстановления деталей является главным обстоятельством, повышающим ресурс двигателей сельскохозяйственной техники. Одним из факторов, влияющих на ресурс двигателя, является срок службы гильз, поэтому технология их восстановления играет важную роль.

При эксплуатации машинотракторного парка все еще имеет место значительные простои машин из-за низкого качества их ремонта. Нередко восстановленные детали выдерживают лишь половину ресурса новых, вместо положенных 80 %. Особенно часто простои тракторов и автомобилей

приходят из-за неисправности их двигателей. В большинстве случаев основной причиной отправки двигателей в ремонт является потеря их мощности, повышенный расход масла, топлива и дымление. Все эти неисправности вызываются в основном износом деталей цилиндропоршневой группы. В наибольшей степени изнашиванию в этой группе являются гильзы цилиндров и компрессионные кольца. Можно сказать, что гильзы цилиндров являются лимитирующими деталями, определяющими ресурс двигателей [5, 6].

На ремонтных предприятиях гильзы цилиндров восстанавливают посредством расточки и хонингования под соответствующий ремонтный размер. По технологическим условиям для восстановления гильз цилиндров, например двигателя ЯМЗ 236 М2-1, предусмотрено три ремонтных размера. Однако расточку этих гильз удается производить только под два ремонтных размера. При расточке под третий размер ее запрессованные вставки в большинстве случаев проворачиваются, и гильзы приходится браковать, хотя в остальной своей части они вполне пригодны для дальнейшего использования. В настоящее время еще нет какого-либо эффективного способа восстановления подобных гильз и их чаще всего отправляют в переплавку, что естественно значительно удорожает последующий ремонт двигателя, так как приходится использовать новые гильзы.

В двигателе внутреннего сгорания детали цилиндропоршневой группы работают в наиболее тяжелых условиях по сравнению с его другими параметрами трения. Но особо тяжелые условия работы для гильз цилиндров и компрессионных колец. Они работают в

зоне высоких температур и давлений при резко изменяющихся (от нуля до максимума) скоростях перемещения кольца относительно гильзы. Зеркало гильзы цилиндра и сами кольца в процессе их работы подвергаются воздействию значительных ударных нагрузок, агрессивному воздействию кислот, имеющихся в топливе и масле, и, наконец, воздействию весьма нагретых газов. Как правило, эти газы содержат сернистые соединения, водяные пары и ряд других примесей. При сгорании рабочей смеси в цилиндре, в центральной части его камеры сгорания, температура может достигать 2073...2273 К (1800...2000 °С) [7, 8].

Металлографические исследования аустенитных вставок цилиндров показали, что температура в зоне контакта гильзы с кольцом соответствует 973...1223 К (700..950 °С) и выше. В результате происходит частичное выгорание смазки с трущихся поверхностей (зеркала цилиндра), снижается вязкость масла, нарушается непрерывность масляной пленки.

По данным, величина давления в надпоршневом пространстве, когда поршень находится в верхней мертвой точке, для четырехтактных карбюраторных двигателей достигает 250...300 кПа (25...30 кгс/см<sup>2</sup>).

Газы из надпоршневого пространства через зазоры проникают за кольцо и прижимают его к зеркалу цилиндра. При этом за первым кольцом давление газов в канавке поршня близко давлению в самой камере сгорания цилиндра, за вторым кольцом давление в канавке составляет уже пример 0,3 от максимальной величины. Вследствие такого перепада давления происходит выдувание масляной пленки с трущихся поверхностей.

При возвратно-поступательном движении поршня и его колец их скорость движения падает до нуля в верхней и нижней мертвых точках хода поршня и возрастает до максимума между ними. В момент изменения направления движения поршня, когда скорость его движения равна нулю, сила трения кольца с гильзой достигает своего максимального значения. Это приводит к тому, что толщина масляной пленки в сопрягаемой паре становится минимальной, а в отдельных местах даже происходит ее разрыв, и в верхней части цилиндра может иметь место работа трущейся пары «цилиндр-поршневое кольцо» в условиях граничного, полусухого, а иногда и сухого трения [9, 10].

Все выше перечисленное, конечно, вызывает повышенный износ пары «цилиндр-кольцо». При значительном износе этой пары происходит прорыв газов в картере двигателя. В результате уменьшается степень сжатия и снижается индикаторная мощность двигателя. Прорывающиеся газы также ухудшают смазывающие свойства масел. Нарушается температурный режим и состояния сопряжения.

Стоит отметить увеличение интенсивности изнашивания пары «ци-

линдр – кольцо» при резком изменении нагрузочных и скоростных режимов работы двигателя. Так, повышенный износ цилиндров и колец наблюдается при неустановившемся режиме работы двигателя, когда имеется отставание теплового состояния этих деталей двигателя от изменения нагрузки и частоты вращения коленчатого вала, при нарушении режима смазки, при снижении частоты вращения коленчатого вала с увеличением нагрузки, при наличии в цилиндрах топливной пленки, при увеличении сил давления газов и инерции на детали кривошипно-шатунного механизма.

Заметная доля изнашивания пары «цилиндр-кольцо» приходится также на период пуска и прогрева холодного двигателя. В этот период происходит конденсация воды на стенках цилиндров и возможен их коррозионный износ.

Проведенный анализ показывает, что пара «гильза-кольцо» работают весьма в тяжелых условиях. А износ гильз цилиндров зависит в основном от температурного, скоростного, нагрузочного режимов работы двигателя, а также режима и состояния смазки и ряда других факторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнеев, В. М. Технология ремонта машин / В. М. Корнеев, И. Н. Кравченко, В. С. Новиков, Д. И. Петровский, Ю. В. Катаев ; М. : РГАУ-МСХА. – 2019. – 266 с. – Текст : непосредственный.
2. Кравченко, И. Н. Подготовка поверхностей деталей для нанесения упрочняющих покрытий / И. Н. Кравченко, Ю. В. Катаев, В. А. Сиротов, Я. В. Тарлаков. – Текст : непосредственный // Сельский механизатор. – 2017. – № 8. – С. 36-38.
3. Катаев, Ю. В. Повышение эффективности дилерских предприятий на основе управления качеством услуг / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха. – Текст : непосредственный // Наука без границ. – 2018. – №5 (22). – С. 73-78.
4. Малыха, Е. Ф. Проблема ресурсосбережения в машиноиспользовании / Е. Ф. Малыха. – Текст : непосредственный // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский

- государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2010. – № 5 (44). – С. 92-94.
5. Катаев, Ю.В. К вопросу выбора и использования современных средств технического обслуживания машин / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха. – Текст : непосредственный // В сборнике: Автотранспортная техника XXI века. Сборник статей III Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 45-52.
  6. Конкин, Ю. А. Методические подходы к оценке износа и остаточной стоимости машин / Ю. А. Конкин, Е. Ф. Малыха. – Текст : непосредственный // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 2. – С. 5-12.
  7. Корнеев, В. М. Система обеспечения работоспособности техники в агропромышленном комплексе / В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев. – Текст : непосредственный // В сборнике: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. – 2017. – С. 86-91.
  8. Катаев, Ю. В. Анализ направлений повышения эффективности дилерской деятельности на предприятиях / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха. – Текст : непосредственный // Наука без границ. – 2018. – №6 (23). – С. 62-67.
  9. Катаев, Ю. В. Организация технического сервиса машинно-тракторного парка на региональном уровне / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха, Д. Г. Вялых. – Текст : непосредственный // Наука без границ. – 2017. – №11 (16). – С. 60-64.
  10. Корнеев, В. М. Обеспечение работоспособности техники в гарантийный период эксплуатации / В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев, Д. Г. Вялых. – Текст : непосредственный // Сельский механизатор. – 2017. – № 4. – С. 39-40.

## REFERENCES

1. Korneev V.M., Kravchenko I.N., Novikov V.S., Petrovskij D.I., Kataev Yu.V. Tekhnologiya remonta mashin [The technology of repair of cars]. Moscow, RGAU-MSKHA, 2019, 266 p.
2. Kravchenko I.N., Kataev Yu.V., Sirotov V.A., Tarlakov Ya.V. Podgotovka poverhnostej detalej dlya naneseniya uprochnyayushchih pokrytij [Preparation of surfaces of parts for applying hardening coatings]. Sel'skij mekhanizator, 2017, no. 8, pp. 36-38.
3. Kataev Yu.V., Malyha E.F. Povyshenie effektivnosti dilerskih predpriyatij na osnove upravleniya kachestvom uslug [Improving the efficiency of dealer enterprises based on service quality management]. Sciences without borders, 2018, no. 5 (22), pp. 73-78.
4. Malyha E.F. Problema resursosberezheniya v mashinoispol'zovanii [The problem of resourcesaving in machine use]. Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Goryachkina, 2010, no. 5 (44), pp. 92-94.
5. Kataev Yu.V., Malyha E.F. K voprosu vybora i ispol'zovaniya sovremennyh sredstv tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin [On the issue of choosing and using modern means of machine maintenance]. V sbornike: Avtotransportnaya tekhnika XXI veka. Sbornik statej III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 2018, pp. 45-52.
6. Konkin Yu.A., Malyha E.F. Metodicheskie podhody k ocenke iznosa i ostatochnoj stoimosti mashin [Methodological approaches to assessing the wear and residual value of machines]. Mezhdunarodnyj tekhniko-ekonomicheskij zhurnal, 2011, no. 2, pp. 5-12.
7. Korneev V.M., Kataev Yu.V. Sistema obespecheniya rabotosposobnosti tekhniki v agropromyshlennom komplekse [System for ensuring the efficiency of machinery in the agro-industrial complex]. V sbornike: Agrarnaya nauka v usloviyah modernizacii i innovacionnogo razvitiya APK Rossii. Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-

- metodicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 100-letiyu akademika D.K. Belyaeva, 2017, pp. 86-91.
8. Kataev Yu.V., Malyha E.F. Analiz napravlenij povysheniya effektivnosti dilerskoj deyatel'nosti na predpriyatiyah [Analysis of ways to improve the efficiency of dealer activities in enterprises]. Sciences without borders, 2018, no. 6 (23), pp. 62-67.
  9. Kataev Yu.V., Malyha E.F., Vyalyh D.G. Organizaciya tekhnicheskogo servisa mashinno-traktornogo parka na regional'nom urovne [Organization of technical service of the machine and tractor fleet at the regional level]. Sciences without borders, 2017, no. 11 (16), pp. 60-64.
  10. Korneev V.M., Kataev Yu.V., Vyalyh D.G. Obespechenie rabotosposobnosti tekhniki v garantijnyj period ekspluatacii [Ensuring the performance of equipment during the warranty period of operation]. Sel'skij mekhanizator, 2017, no. 4, pp. 39-40.

Материал поступил в редакцию 16.07.2020  
© Степанов М.В., Трушина Л.Н., Лазарь В.В., 2020