Тип статьи: научная
УДК 621.43:629.3
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-6-111-122

ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗРАЗБОРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПРОДЛЕНИЯ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ И МЕХАНИЗМОВ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Юрий Викторович Родионов [1], Андрей Константинович Агафонов [2], Александр Егорович Ломовских [3], Глеб Викторович Берестевич [4], Александр Викторович Север [5], Григорий Вячеславович Рыбин [6]
[2,3,4,5]*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия*
[1,3] *Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск, Россия*
[1,6]*Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия*
[1]*rodionow.u.w@rambler.ru*
[2,3,4,5]*lomovskih1979@yandex.ru*
[6]*enot1237@gmail.com*

Автор, ответственный за переписку: Григорий Вячеславович Рыбин, *enot1237@gmail.com*
Corresponding author: Grigory Rybin, *enot1237@gmail.com*

Реферат. *Предложена технология безразборного восстановления и продления ресурса изношенных металлических соединений деталей и механизмов силовых установок сельскохозяйственной техники, а также средства для её реализации. Проведённый анализ работы сельскохозяйственной техники, показал, что её эксплуатация осуществляется в основном в полевых условиях и с существенными нагрузками на силовую установку, при этом увеличивается тепловая напряжённость деталей кривошипно-шатунного механизма. Для решения этой проблемы разработана специальная смазочная присадка, добавляемая в моторное масло через маслозаливную горловину. Технология включает первоначально комплексную оценку технического состояния силовой установки каждого образца техники по параметрам работающего масла, разработку методики по безразборному восстановлению изношенных металлических соединений деталей и механизмов силовой установки на основе применения разработанной антифрикционной смазочной присадки, добавляемой в работающее моторное масло. Для определения параметров работающего моторного масла разработан модуль для его экспресс-анализа. Внедрение разработанной технологии безразборного восстановления и продления ресурса изношенных металлических соединений деталей и механизмов силовых установок сельскохозяйственной техники приведёт к снижению расхода топлива до 7 %, увеличению ресурса изношенных дизельных установок, позволит повысить готовность отдельных образцов сельскохозяйственной техники и в целом техническую готовность парка техники.*

Ключевые слова: *силовая установка, сельскохозяйственная техника, технология, техническое состояние, безразборное восстановление деталей, антифрикционная смазочная присадка.*

TECHNOLOGY OF NON-SELECTIVE RESTORATION AND PROLONGATION OF THE LIFE OF PARTS AND MECHANISMS OF POWER PLANTS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Yuri Rodionov [1], Andrey Agafonov [2], Alexander Lomovskikh [3], Gleb Berestevich [4], Alexander Sever [5], Grigory Rybin [6]
[2,3,4,5]*Military educational scientific center air force «air force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin», Voronezh,products in agriculture, Voronezh, Russia*
[1,3]*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia*
[1,6] *Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

[1]*rodionow.u.w@rambler.ru*
[2,3,4,5]*lomovskih1979@yandex.ru*
[6]*enot1237@gmail.com*

Abstract. *The technology for in-place restoration and extension of the life of worn metal connections of parts and mechanisms of power plants of agricultural machinery, as well as means for its implementation, have been proposed. The analysis of the operation of agricultural machinery showed that its operation is carried out mainly in field conditions and with significant loads on the power plant, while the thermal stress of the crank mechanism parts increases. To solve this problem, a special lubricating additive has been developed, which is added to the engine oil through the oil filler neck. The technology initially includes a comprehensive assessment of the technical condition of the power plant of each model of equipment based on the operating oil parameters, the development of a method for in-place restoration of worn metal connections of parts and mechanisms of the power plant based on the use of a developed anti-friction lubricant additive added to the operating engine oil. The express analysis module is designed to determine the parameters of operating motor oil. The introduction of the developed technology for in-place restoration and extension of the life of worn metal connections of parts and mechanisms of power plants of agricultural machinery will lead to a reduction in fuel consumption by up to 7%, an increase in the life of worn-out diesel units, and will increase the readiness of individual types of agricultural machinery and the overall technical readiness of the equipment fleet.*

Keywords: *power plant, agricultural machinery, technology, technical condition, unassembled restoration of parts, antifriction lubricant additive.*

Для цитирования: Родионов Ю.В., Агафонов А.К., Ломовских А.Е., Берестевич Г.В., Север А.В., Рыбин Г.В. Технология безразборного восстановления и продления ресурса деталей и механизмов силовых установок сельскохозяйственной техники // Наука в Центральной России Science in the Central Russia. 2023. Т. 66, № 6. С. 111-122. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-6-111-122.

For citation: Rodionov Yu., Agafonov A., Lomovskikh A., Berestevich G., Sever A., Rybin G. Technology of non-selective restoration and prolongation of the life of parts and mechanisms of power plants of agricultural machinery. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 66(6): 111-122. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-6-111-122.

Введение. Современный машинно-тракторный парк (МТП) разнообразен и включает большое множество разнородной сельскохозяйственной техники, как отечественного, так и импортного производства. Со сложившейся в последнее время тяжёлой внешнеполитической обстановкой в нашей стране появилось множество проблем, связанных с закупкой и эксплуатацией импортной техники, так как многие производители ушли с рынка нашей страны. В этих условиях запасные части резко подорожали и многие сельхозпроизводители столкнулись с проблемой поддержания в работоспособном состоянии эксплуатируемых импортных образцов сельскохозяйственной техники (СХТ). В связи с этим решение задач по продлению ресурса и восстановлению изношенных деталей и механизмов СХТ стало первостепенным. Актуальность решения данных задач для сельскохозяйственных предприятий современного агропромышленного комплекса также заключается в том, что на сегодняшний день изношенность парка отечественных образцов дизельной СХТ составляет около 70%, что в конечном итоге способствует снижению готовности парка данной техники. Работоспособность в целом СХТ, также будет зависеть от работоспособности каждого агрегата, узла и механизма, входящего в состав технического образца СХТ. Следует отметить, что самым дорогим элементом в конструкции СХТ является силовая установка (СУ). В основном на СХТ используются дизельные СУ, которые в основном работают в тяжёлых условиях эксплуатации. Следовательно, в механизмах (кривошипно-шатунном и газораспределительном механизмах) СУ возникают повышенные нагрузки, которые приводят к увеличению тепловой напряжённости деталей (поршней, цилиндров, клапанов и др.) данных механизмов. Это происходит из-за того, что в камере сгорания ухудшается процесс сгорания, поэтому на переходных режимах работы СУ, например при вспашке поля, возможно при переключении передач двигатель

может заглохнуть. В связи с этим, данные детали, в процессе эксплуатации техники будут перегреваться, поэтому будут увеличиваться в размерах и дополнительно изнашиваться. Соответственно, чем больше будет теплонапряжённость на деталях, тем быстрее они будут изнашиваться, приводя к потере работоспособности образца СХТ и существенному снижению ресурса СУ [1].

Таким образом, необходимо выработать пути решения выявленной проблемы, которые будут включать 2 этапа:

- на первом этапе разработку комплексной оценки технического состояния СУ каждого образца СХТ (затратная и трудоемкая задача, требующая исследования большого количества исправных и неисправных состояний СУ образцов СХТ, выработки критериев оценки их технического состояния, минимизации рисков необоснованного демонтажа и т.п.).

- на втором этапе разработку технологии безразборного восстановления и продления ресурса изношенных металлических соединений деталей и механизмов СУ образцов СХТ на основе применения разработанной антифрикционной смазочной присадки (АСП), добавляемой в работающее моторное масло, и которая позволит обеспечить возможность безразборного восстановления тел качения жидкостных систем образцов техники.

Материалы и методы. На первом этапе оценку технического состояния СУ образца СХТ целесообразно производить по фактическому состоянию (параметрам), то есть по параметрам работающего моторного масла. В процессе эксплуатации СУ моторное масло загрязняется следующими компонентами: капельками воды, продуктами окислений – шламом, несгоревшим моторным топливом, частицами пыли и др.), которые обладают диэлектрическими свойствами, что формирует статистическую смесь, обладающую диэлектрической проницаемостью. Поэтому по концентрациям загрязняющих компонентов можно диагностировать техническое состояние СУ и прогнозировать её ресурс [2].

Для определения параметров работающего моторного масла разработан модуль для его экспресс-анализа. Внешний вид модуля представлен в виде 3-D модели на рисунке 1. Данный модуль позволяет оперативно и с высокой точностью определять следующие параметры работающего моторного масла. К таким параметрам относятся: мутность, кислотность; металлические частички или стружка) и др.

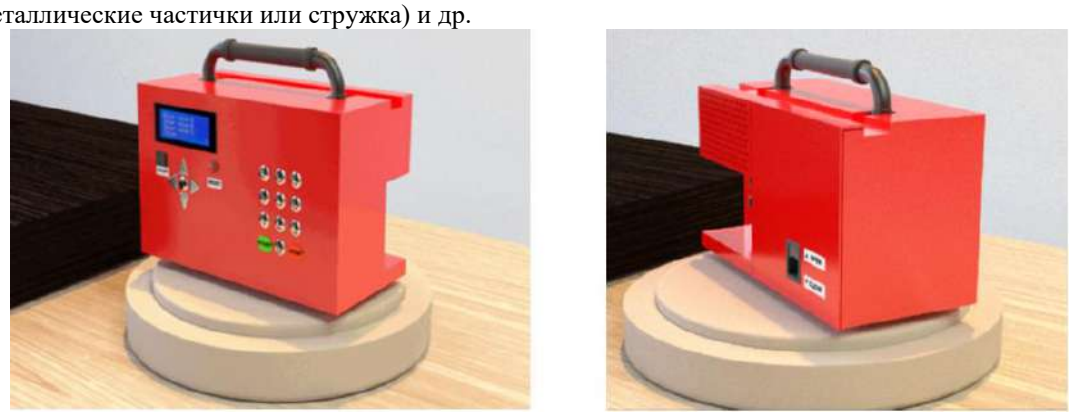

Рисунок 1 – Устройство для проведения экспресс-анализа масла

При этом отбор работающего моторного масла из поддона-картера техники предлагается осуществлять без вывода из эксплуатации в объёме не более 100 мл. путём забора через отверстие измерительного стержня. Затем работающее моторное масло, заливается в специальную ёмкость (на рисунке 1 не показана) и устанавливается на специальную площадку, находящуюся в задней части устройства.

Данное устройство работает от 12 В или 24В бортовой сети образца СХТ, что позволит использовать его в полевых условиях. Также возможно подключить устройство для экспресс-анализа моторного масла к компьютеру и получать определяемые параметры моторного масла в

виде таблиц, графиков и др. После такой визуализации можно производить статистику и анализ полученных результатов.

Внедрение комплексной оценки технического состояния СУ каждого образца СХТ по параметрам работающего моторного масла с помощью разработанного устройства, позволит быстро определить фактическое состояние СУ по фактическим параметрам масла и косвенно установить остаточный ресурс работы СУ [3].

На втором этапе необходимо разработать и внедрить технологию безразборного восстановления и продления ресурса изношенных металлических соединений деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизма СУ образцов СХТ на основе использования антифрикционной смазочной присадки, которая добавляется в работающее моторное масло.

Реализация предлагаемой технологии будет происходить при одновременном улучшении антикоррозионных, антифрикционных и противоизносных свойств масел. В основу разработанной антифрикционной смазочной присадки входит порошок, состоящий из природных серпентиносодержащих пород и катализаторов, который добавляется в эксплуатируемое моторное масло и подаётся в зону трения деталей [4].

Данная присадка формирует покрытие при эксплуатационной нагрузке СУ образца СХТ, как показано на рисунке 2.

Рисунок 2 – Внешний вид формируемого покрытия

Перед подачей АСП в зону трения проводится её активация путём циклического разрушения и восстановления структуры основного минерала – серпентина, после чего подача присадки осуществляется поэтапно порциями, каждая из которых содержит разное соотношение химических элементов. При этом первая порция содержит Ni не больше 12%, а Fe – не более 7%, другая порция содержит Mg 20...29%, а третья – Si 16...24%, что позволяет дополнительно удерживать масло и уплотнять зазоры в цилиндро-поршневой группе СУ [5, 6].

С целью более точного диагностирования дизельных СУ образцов СХТ для замера давления газов в конце такта сжатия (компрессия) использовался компрессометр модели «AIST 19201405», который показан на рисунке 3.

Рисунок 3 – Внешний вид дизельного компрессометра в наборе AIST 19201405

Для измерения давления масла в главной масляной магистрали, которое необходимо замерять на холостых (n=700…1000 об/мин) и на средних (n=2000…2500 об/мин) оборотах СУ, применялся тестер давления модель «AIST 19210810», показанным на рисунке 4.

Рисунок 4 – Тестер давления масла AIST 19210810

Проведение исследований дизельной СУ при добавлении АСП в моторное масло включает.

1. Первоначальную диагностику СУ:

1.1. Визуальную проверку СУ.

1.2. Проверку уровня масла в системе смазки.

1.3. Осуществить (при необходимости) замену фильтрующих элементов масляных фильтров, для центробежных фильтров очистки масла необходимо заблокировать вращение ротора, чтобы частицы АСП не осаждались на внутренней поверхности ротора.

2. Запустить СУ и прогреть её до рабочей температуры (около 95 °С).

3. Осуществить диагностику СУ:

3.1. С помощью компрессометра осуществить замер давления газов (компрессию) в каждом цилиндре СУ, кПа (кгс/см^2).

3.2. Осуществить замер давление масла в главной магистрали системы смазки СУ на холостых и средних оборотах СУ, кПа (кгс/см^2).

4. Остановить СУ.

5. Добавить АСП через заливную горловину в моторное масло (в систему смазки), целесообразно на горячей СУ:

при этом на 4 литра моторного масла необходимо добавить 1 мл;

данную АСП необходимо перемешать с малым количеством (50…100 мл) моторного масла, желательно той же марки, что находится в СУ.

6. После выполнения перечисленных выше пунктов нужно запустить СУ и на холостом ходу дать ей проработать в течении 20…25 минут. При этом каждые 5 минут увеличивать частоту вращения коленчатого вала СУ до 2000…2500 с$^{-1}$ (об/мин).

7. Осуществить диагностику механизмов и узлов СУ, как описано в п. 3.

8. В режиме штатной эксплуатации СУ образца СХТ необходимо в течение 5…6 мото-часов (300…400 км пробега для автомобилей, при этом первые 50 км при максимальной скорости не выше 60 км/час).

9. После этого нужно выполнить диагностику СУ, как описано в п. 3.

Следует отметить, что полная обработка СУ с добавлением АСП включает:

двух или трёхкратную обработку – при показаниях общего пробега автомобильной техники менее 50000 км;

трёх или шестикратную обработку – при показаниях общего пробега автомобильной техники около 50000…150000 км.

При этом после каждой последующей обработке необходимо осуществлять диагностику СУ, как описано в п. 3 [7, 8].

Результаты и их обсуждение. В рамках проведённых исследований была испытана СУ

(КАМАЗ-740), которая подвергалась обработке новой разработанной присадкой в моторное масло – АСП.

Вводилась АСП в прогретую СУ, в систему смазки через маслозаливную горловину (из расчёта 1 мл состава на каждые 4 л масла), как показано на рисунке 5. Перед началом проведения испытаний и после добавки АСП производилась комплексная диагностика СУ.

Рисунок 5 – Процесс добавления АСП через маслозаливную горловину в систему смазки

Вначале производились исследования по замеру давления в системе смазки СУ. Для этих целей использовался тестер давления масла AIST 19210810 (см. рисунке 4). Место вкручивания штуцера манометра в масляную магистраль СУ показано на рисунке 6.

Рисунок 6 – Схема установки манометра в масляной системе СУ

На рисунке 7 показаны показания манометра при проведении замеров давления масла в масляной магистрали СУ до проведения исследований и после добавления АСП. Анализ полученных результатов показал, что после добавления АСП произошло увеличение давления в системе смазки СУ.

а) б)

а) показания манометра на максимальных оборотах СУ б) показания манометра на холостом ходу СУ

Рисунок 7 – Внешний вид показаний манометра при измерении давления масла в системе смазки СУ

На рисунке 8 представлены результаты замеров давления масла в системе смазки СУ КАМАЗ-740 при её работе на холостом ходу и на максимальных оборотах.

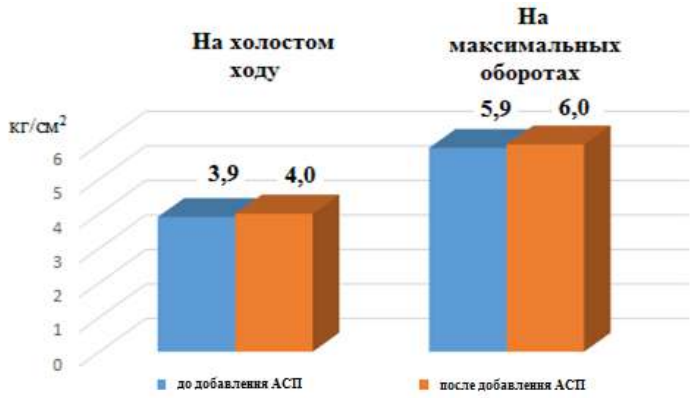

Рисунок 8 – Диаграмма показаний давления масла в системе смазки СУ до и после добавления АСП

Анализ полученных результатов показывает, что на холостом ходу после добавления АСП произошло увеличение давления масла в системе смазки на 0,1 кг/см^2 и на максимальных оборотах работы СУ, также произошло увеличение на 0,1 кг/см^2. Таким образом, можно сделать предварительный вывод, что добавление АСП приводит к существенному снижению зазоров в кривошипно-шатунном механизме (между шатунными, коренными шейками коленчатого вала и вкладышами) в результате взаимодействия компонентов АСП с металлическими поверхностями шеек коленчатого вала происходит наплавление и восстановление изношенных поверхностей деталей СУ.

На рисунке 3 представлена графическая зависимость диагностики состояния цилиндро-поршневой группы, с помощью дизельного компрессометра AIST-19201406 замеряем все компрессии во всех цилиндрах СУ.

Полученные результаты проведённых измерений (см. рисунок 6) показывают, что восьмом цилиндре (19 кгс/см^2) получены минимальные значения компрессии, а в третьем цилиндре (25 кгс/см^2) – максимальное значение компрессии. Таким образом, можно сделать вывод, что максимальный разброс компрессии в цилиндрах СУ составляет 6 кгс/см^2. Подводя итог можно сделать вывод, что нужен капитальный ремонт СУ.

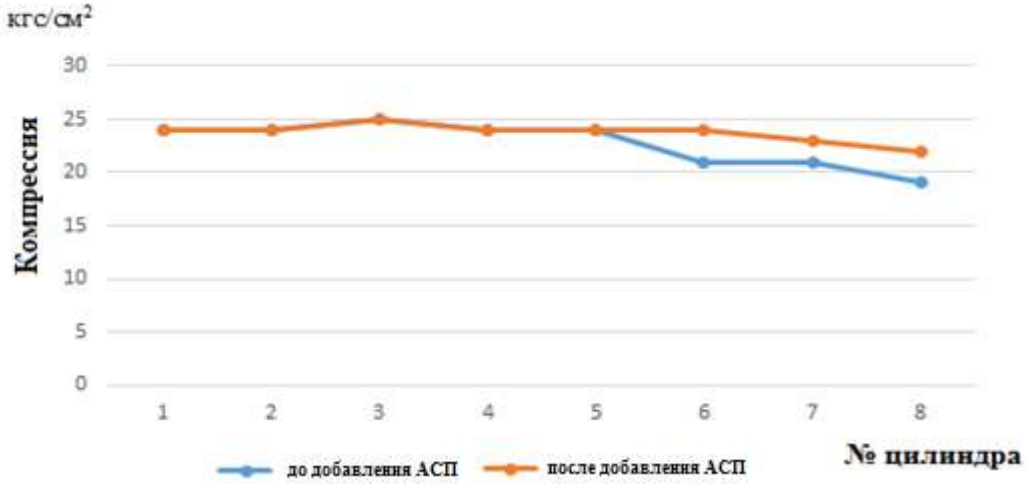

Рисунок 9 – Графическая зависимость изменения поршневой компрессии

По добавке АСП, средняя поршневая компрессия в цилиндрах СУ составляет 22,75 кгс/см^2 (см. рисунок 10), что также не соответствует предъявляемым требованиям по компрессии согласно технической документации на образец СХТ.

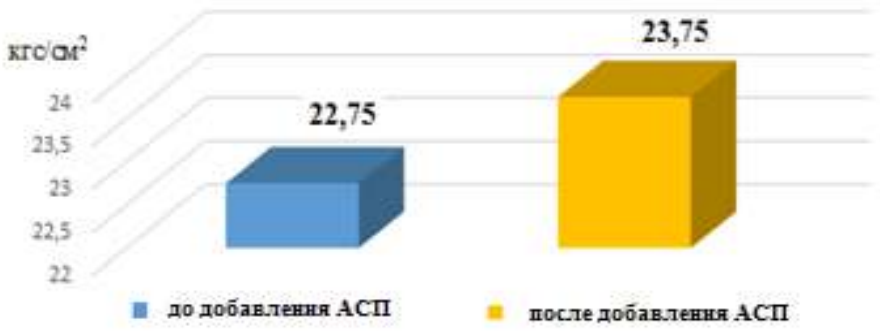

Рисунок 10 – Диаграмма средней поршневой компрессии в цилиндрах СУ

После добавления АСП средняя поршневая компрессия в цилиндрах СУ увеличилась на 1 кгс/см^2.

Полученные результаты замеров кольцевой компрессии (см. рисунок 11) показали, что в шестом и седьмом цилиндре (3 кгс/см^2) было получено минимальное значение кольцевой компрессии, а в первом цилиндре (14 кгс/см^2) – максимальное значение кольцевой компрессии. Делаем вывод, что максимальный разброс поршневой компрессии по цилиндрам СУ составляет 11 кгс/см^2, что не соответствует технической документации, то есть требуется капитальный ремонт СУ [9].

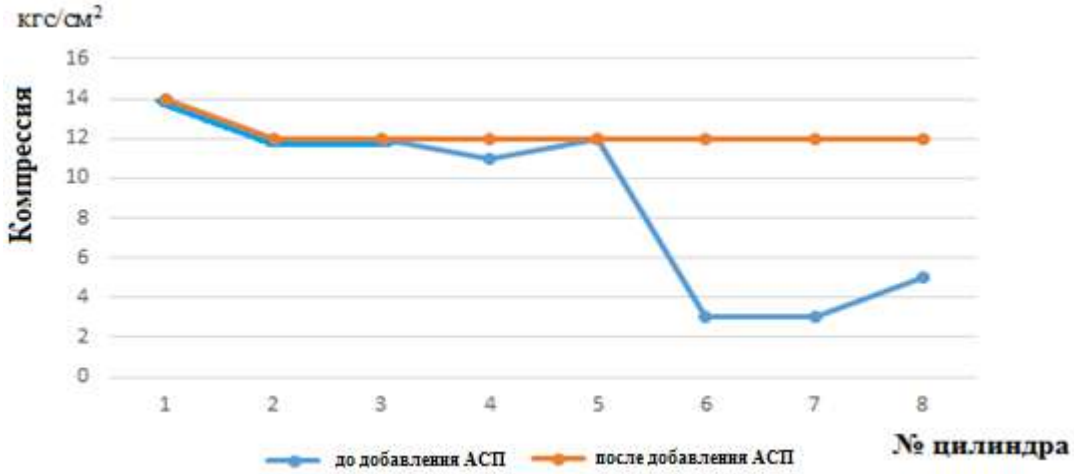

Рисунок 11 – Графическая зависимость кольцевой компрессии по цилиндрам СУ

Анализ полученных значений показывает, что произошло увеличение поршневой и выравнивание кольцевой компрессии в цилиндрах СУ.

После этого осуществлялась частичная разборка СУ для визуального подтверждения качества обработанных поверхностей деталей кривошипно-шатунного и газораспределительного механизма. При разборке проводились замеры размеров четвёртой шатунной шейки коленчатого вала и восьмого цилиндра с помощью микрометра и нутромера, как показано на рисунке 12.

Рисунок 12 – Процесс выполнения замеров гильз цилиндров и шейки коленчатого вала

Таблица 1 – Результаты замеров диаметра цилиндров СУ

Плоскость замера в цилиндре	Какой пояс	Номер гильзы цилиндра	
		7	8
<u>До добавки состава АСП</u>			
Плоскость А-А	I	119,58	119,68
Плоскость В-В		119,56	119,68
Овал		0,030	0,010
Плоскость А-А	II	119,62	119,68
Плоскость В-В		119,60	119,66
Овал		0,020	0,020
Плоскость А-А	III	119,58	119,68
Плоскость В-В		119,57	119,67
Овал		0,010	0,010
<u>После добавления АСП</u>			
Плоскость А-А	I	119,59	119,69
Плоскость В-В		119,56	119,68
Овал		0,03	0,01
Плоскость А-А	II	119,62	119,68
Плоскость В-В		119,60	119,66
Овал		0,02	0,02
Плоскость А-А	III	119,58	119,68
Плоскость В-В		119,57	119,67
Овал		0,01	0,01

Таблица 2 – Результаты по замерам четвёртой шатунной шейки

Плоскость измерений	Пояс I (*0,25l*)			Пояс II (*0,75l*)			Наибольшее отклонение от цилиндричности, мм
	До добавки АСП	После добавки АСП	Увеличение диаметра шейки	До добавки АСП	После добавки АСП	Увеличение диаметра шейки	
А-А	94,24	94,74	0,5	94,25	94,75	0,5	0,010
Б-Б	94,25	94,72	0,47	94,26	94,74	0,49	0,010

Проводя анализ полученных значений измерений, можно определить следующие характеристики: овальность, конусность, наибольший износ шеек вала. Овальность после добавления АСП снизилась овальность до 0,02 мм. Также после добавки АСП существенно уменьшился зазор между поверхностью шатунной шейки и вкладышем коленчатого вала (в среднем по диаметру шейки) до 0,0225 мм.

Для более эффективного оценивания действия АСП на поверхности деталей СУ на стенде методом Роквелла были произведены замеры прочности поверхности поршней и шатунных вкладышей, как показано на рисунке 13, 14.

Рисунок 13 – Процесс замера твердости юбки поршня

Результаты показывают, что после добавки АСП твердость поршня увеличилась на 0,5 HRB, а шатунного вкладыша на 0,3 HRB до добавки АСП.

Рисунок 14 – Внешний процесса измерения твердости шатунного вкладыша

Таблица 3 – Результаты измерения твёрдости юбки поршня

Результаты измерения твёрдости юбки поршня	
До добавления АСП	После добавления АСП
35,3 HRB	35,8 HRB

Согласно результатам измерений, представленным в таблице 3 твёрдость юбки поршня увеличилась на 0,5 HRB

Таблица 4 – Результаты измерения твёрдости шатунного вкладыша

Результаты измерения твёрдости шатунного вкладыша	
До обработки	После обработки
4,2 HRB	4,3 HRB

Согласно результатам измерений, представленным в таблице 4 твердость шатунного вкладыша увеличилась на 0,3 HRB.

Заключение. Применение АСП в системе смазки для обработки узлов трения СУ в режиме штатной эксплуатации техники позволит:

увеличить твердость трущихся поверхностей на 2…5%;

увеличить ударную прочность до 50 кг/мм^2;

компенсировать зазоры между трущимися деталями.

При эксплуатации техники в условиях низких температур применение АСП позволит:

облегчить запуск СУ при минусовых температурах;

обеспечить снижение удельного расхода топлива до 10 %;

увеличить эксплуатационный ресурс моторного масла в 3 раза;

увеличить ресурс СУ до 30 % и снизить затраты на запасные части.

Все перечисленное приведёт к выравниванию компрессии по цилиндрам СУ до 25%, снижению максимального разброса компрессии по цилиндрам СУ в 1,5... 2 раза, увеличивается давление масла в масляной магистрали на 3...5%, снижаются потери на трение до 10% от базовых значений при штатных смазках это обеспечивает снижение расхода топлива до 7%.

В целом внедрение разработанной технологии безразборного восстановления и продления ресурса изношенных металлических соединений деталей и механизмов СУ позволит повысить готовность отдельных образцов СХТ и в целом техническую готовность МТП [10].

Список источников

1. Агафонов А.К., Колтаков А.А., Ломовских А.Е. Илларионов В.В. Антифрикционный смазочный материал ВПК-АЗ. Приоритетные направления и актуальные проблемы развития средств технического обслуживания летательных аппаратов [текст]: сб. ст. по материалам II Всероссийская НТК (15–16 марта 2016 г.). Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. 304 с. С. 6–9.

2. ГОСТ 23435–79. Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания. М.: Изд-во стандартов, 1979. 16 с.

3. Повышение ресурса агрегатов тракторов ремонтно-восстановительными добавками к смазочным материалам. Технологические рекомендации (временные). М: ФГНУ «Росинформагротех», 2013. 260 с.

4. Ломовских А.Е. Колтаков А.А., Иванов В.П., Берестевич Г.В., Агафонов А.К. Специальная тема шифр «ПЕНЯ». Пат. № 2709800 Российская Федерация МПК C10M 125/10. Заявка №2017410050, опубл. 20.12.2019. Бюл №12. 8 с.

5. Иванов В.П., Чернухо И.И., Берестевич Г.В., Агафонов А.К. Устройство для безразборного восстановления двигателей внутреннего сгорания. Пат. № 2803591 Российская Федерация МПК C10M 125/10, C10M 125/26. Заявка №2022114511, опубл. 18.09.2023. Бюл №26. 10 с.

6. Агафонов А.К., Агафонов Д.А. Антифрикционный смазочный материал. Пат. № 2410415 Российская Федерация МПК C10M 125/10, C10M 125/26, C10N 50/02. Заявка №2009128013/04 опубл. 27.01.2011, Бюл. № 3. 6 с.

7. ГОСТ 14846–81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. М.: Изд-во стандартов. 42 с.

8. ГОСТ Р 52033–2003. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния. М.: Изд-во стандартов. 31 с.

9. Ладиков В.В., Маркелов Г.А., Чечет В.А., Дунаев А.В., Хмелевой Н.М., Суслов Д.А. Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники. М.: VICCO, 2004. 52 с.

10. Ostrikov V.V., Sazonov S.N., Orobinsky V.I., Afonichev D.N. Determination of antioxidant additive and its decomposition products in working motor fuels. Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. Т. 55. № 2. С. 145–150.

References

1. Agafonov A.K., Koltakov A.A., Lomovskikh A.E. Illarionov V.V. Antifriction lubricant VPK-AZ. Preliminary appointments and current development opportunities with the help of aircraft maintenance [text]: collection of articles on the material of the II All-Russian STC (March 15-16, 2016). Voronezh: VUNTS "VVA", 2016. 304 S. S. 6–9.

2. GOST 23435-79. Technical diagnostics. Internal combustion engines. Moscow: Publishing House of Standards, 1979. 16 p .

3. Increasing the resource of tractor units with repair and restoration additives to lubricants. Technological recommendations (temporary). Moscow: FGNU "Rosinformagrotech", 2013. 260 p.

4. Lomovskikh A.E. Koltakov A.A., Ivanov V.P., Berestevich G.V., Agafonov A.K. Special topic cipher "PENALTY". Pat. No. 2709800 Russian Federation IPC S10M 125/10. Application no.2017410050, publ. 20.12.2019. Byul No. 12. 8 p.

5. Ivanov V.P., Chernukho I.I., Berestevich G.V., Agafonov A.K. Device for disassembly recovery of internal combustion engines. Pat. No. 2803591 Russian Federation IPC S10M 125/10, S10M 125/26. Application No. 2022114511, publ. 18.09.2023. Byul No. 26. 10 p.

6. Agafonov A.K., Agafonov D.A. Antifriction lubricant. The patent. No. 2410415 Russian Federation IPC S10M 125/10, S10M 125/26, S10N 50/02. Application no. 2009128013/04 publ. 27.01.2011, Bul. no. 3. 6 p.

7. GOST 14846-81. Automotive engines. Methods of bench tests. M.: Publishing House of standards. 42 p .

8. GOST R 52033-2003. Cars with gasoline engines. Emissions of pollutants from exhaust gases. Norms and methods of control in the assessment of technical condition. M.: Publishing House of standards. 31 p .

9. Ladikov V.V., Markelov G.A., Chechet V.A., Dunaev A.V., Khmelevoy N.M., Suslov D.A. Unassembled technologies aimed at improving the efficiency of Russian motorsport equipment. Moscow: VIKKO, 2004. 52 p.

10. Ostrikov V.V., Sazonov S.N., Orobinsky V.I., Afonichev D.N. Determination of the content of an antioxidant additive and its decomposition products in working motor fuels. Chemistry and technology of fuels and oils. 2019. Vol. 55. No. 2. pp. 145–150.

Информация об авторах

Ю.В. Родионов – доктор технических наук, профессор; А.К. Агафонов - доктор технических наук, старший научный сотрудник А.Е. Ломовских – кандидат технических наук, доцент; Г.В. Берестевич – начальник отдела; А.В. Север – адъюнкт, Г.В. Рыбин – магистрант.

Information about the authors

Yu. Rodionov – Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Agafonov - Doctor of Technical Sciences, senior researcher A. Lomovskikh – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; G. Berestevich – head of department; A. Sever – adjunct, G.V. Rybin is a master's student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: *all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.*

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 22.11.2023 Принята к публикации (Accepted): 23.12.2023