

УДК 62-772:621.43.031

UDC 62-772:621.43.031

**К ОБОСНОВАНИЮ БЕЗРАЗБОРНОГО
МЕТОДА РЕМОНТА ТНВД**

**TO THE PROOF OF THE NONDEMOUNTABLE
METHOD OF REPAIR OF THE HIGH PRES-
SURE FUEL PUMP**

Луханин Владимир Александрович
к.т.н.

Lukhanin Vladimir Aleksandrovic
Cand.Tech.Sci.

Псюкало Сергей Петрович
к.т.н., доцент

Psyukalo Sergei Petrovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

Сергиенко Александр Григорьевич
к.т.н., доцент
*Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный
университет», Зерноград, Россия*

Sergienko Aleksandr Grigorievich
Cand.Tech.Sci., assistant professor
*Azov-and-Black Sea engineering institute FSBHEEPT
«Donskoy state agrarian university» in Zernograd,
Russia*

В настоящей статье рассматриваются вопросы применения метода избирательного переноса для восстановления плунжерных пар топливных насосов высокого давления дизельных двигателей. Для восстановления плунжерных пар предлагается использовать антифрикционные ремонтно-восстановительные композиции на основе минерала серпентинит

This article discusses the application of the method of selective transfer to restore the plunger pairs of high pressure fuel pumps of diesel engines. To restore plunger pairs the authors of the article propose to use an anti-friction repair-and-renewal composition on the basis of the mineral serpentine

Ключевые слова: ПЛУНЖЕРНАЯ ПАРА, ИЗНОС, МЕТОД ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА, СЕРПЕНТИНИТ, БЕЗРАЗБОРНЫЙ СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Key words: PLUNGER PAIR, TEAR AND WEAR, METHOD OF SELECTIVE TRANSFER, SERPENTINITE, NONDEMOUNTABLE WAY OF RESTORTION.

Анализ выполненных исследований, опыт эксплуатации и ремонта топливных насосов высокого давления показывает, что износ прецизионных поверхностей плунжерных пар при определенных условиях приводит к нарушению регулировочных характеристик работы топливной аппаратуры, а следовательно, к ухудшению мощностных и эксплуатационных показателей работы дизельных двигателей. Длительное и надежное сохранение работоспособности плунжерных пар является важным условием обеспечения бесперебойной эксплуатации дизелей.

Основными деталями топливного насоса, состояние которых влияет на его работоспособность, являются детали прецизионных пар: плунжер – втулка и нагнетательный клапан – гнездо.

Износ плунжера и втулки имеет местный характер. Наибольший износ плунжера в виде матовых пятен наблюдается на участке поверхности

верхней кромки против впускного отверстия и косой кромки против отсечного отверстия (рисунок 1 а). На внутренней поверхности втулки место наибольшего износа наблюдается как матовое пятно вокруг впускного и отсечного отверстий (рисунок 1 б).

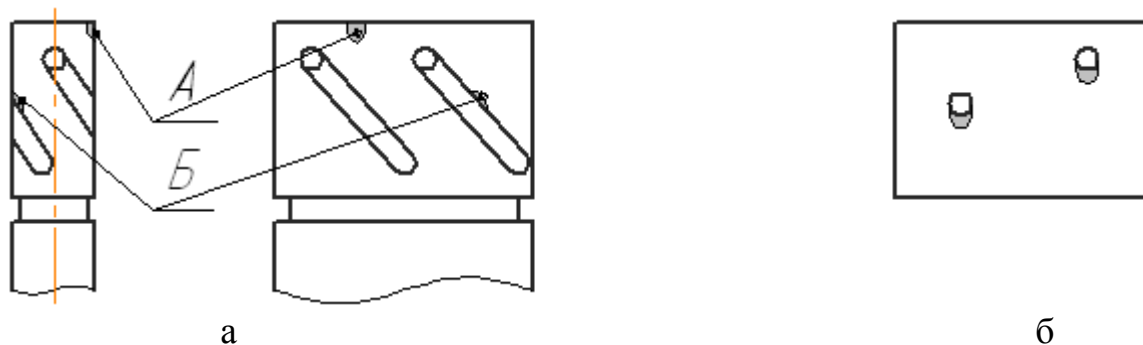


Рисунок 1. Места износа плунжерной пары ТНВД а – место износа плунжера; б – место износа втулки; А – износ против впускного окна; Б – износ против отсечного окна

На рисунке 2 представлены фотографии износа плунжерной пары с двенадцатикратным увеличением на микроскопе МБС-2, характер износа обусловлен попаданием в топливо мелких абразивных частиц, вследствие чего происходит натир (износ) против впускного окна плунжера (рисунок 2 а). На рисунке 2 б представлена фотография втулки, которая имеет местный износ у выпускного отверстия.

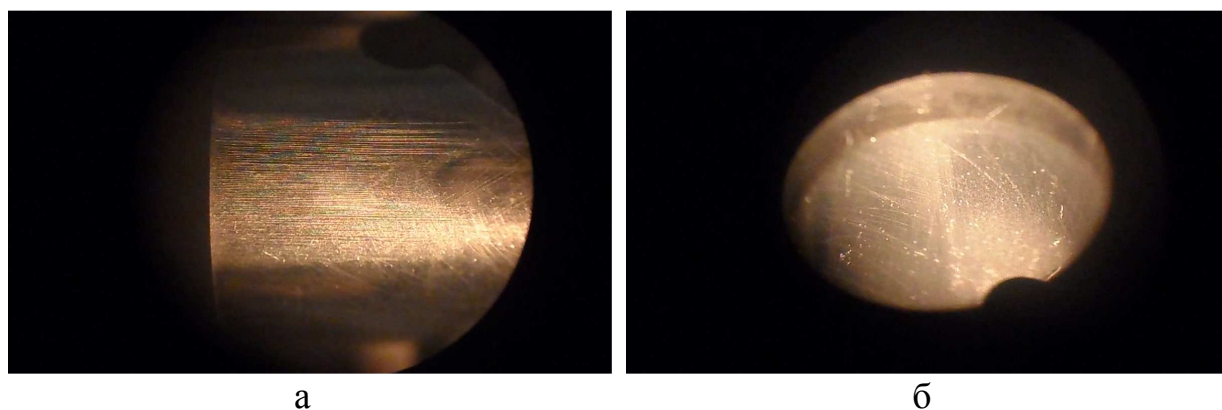


Рисунок 2 – Износ плунжера и втулки ТНВД УТН-5:
а – плунжер; б – втулка

Износ поверхности плунжера и втулки вызывает увеличение зазора между ними, через который происходит утечка топлива. Это приводит к

снижению количества топлива подаваемого насосным элементом, к увеличению неравномерности подачи и уменьшению угла опережения впрыска топлива в цилиндры двигателя. Все это вызывает снижение мощности двигателя и увеличение удельного расхода топлива. Ухудшается также запуск двигателя. При зазоре между плунжером и втулкой больше 10 мкм, вместо 1,5–2,0 мкм, у новой пары наблюдается полная потеря герметической плотности, что требует замены или ремонта пары.

В настоящее время специализированные ремонтные предприятия применяют следующие методы восстановления плунжерных пар: метод ремонтных размеров; гальваническое хромирование; химическое никелирование; осталивание; повторная цементация и азотирование; обработка плунжера холодом.

Основными недостатками данных методов являются потребность в большой производственной программе, а также наличие дорогостоящего ремонтного оборудования. Отсюда можно сделать вывод, что мелкосерийные ремонтные предприятия не могут себе позволить данные методики восстановления плунжерных пар.

Перспективными методами восстановления плунжерных пар топливных насосов, которые могут найти применение в условиях малосерийного ремонтного производства, является ФАБО и использование ресурсосберегающих композиций (АРВК, ПИАФ, ХАДО, Форсан, РиМЕТ), работающих в режиме избирательного переноса.

Избирательный перенос – это вид контактного взаимодействия при трении, характеризующийся главным образом молекулярным взаимодействием, возникающим в результате протекания на поверхности трущихся деталей химической реакции и физико-химических процессов, приводящих к образованию систем автокомпенсации износа и снижению трения. Особенно интересным является использование антифрикционной восста-

навливающей композиции (АРВК) на основе минералов из группы серпентинитов.

Исследования, проведенные ранее на кафедре «Надежность и ремонт машин», позволяют утверждать, что метод избирательного переноса применим для восстановления плунжерных пар топливных насосов. На кафедре были проведены опыты по нанесению медных и никелевых сервовитных пленок на поверхности сопряжения плунжерной пары. Результаты показали, что после нанесения покрытия работоспособность плунжерной пары восстанавливается.

С целью уменьшения затрат труда и времени на выполнение операции по ремонту плунжерной пары методом избирательного переноса, в частности, с целью уменьшения трудоемкости контрольно-испытательных операций, нами были проведены следующие исследования. Определялась зависимость между величиной износа плунжера и его герметичностью. Для этого были отобраны 49 плунжерных пар из имеющегося ремонтного фонда. Причем плунжерные пары были отобраны следующим образом. Все они прошли ультразвуковую очистку в дизельном топливе и дефектацию. Дефектация производилась на микроскопе МБС-2 с восьмикратным увеличением. Максимальный износ плунжера составил 7,1 мкм. Затем все плунжерные пары были испытаны на герметическую плотность. Предварительно они были помечены цифрами электроискровым узором. Испытания проводились по стандартной методике на испытательном стенде КИ-759. На рисунке 3 представлена зависимость герметичности плунжерной пары от величины износа.

Из 49 штук плунжерных пар 16,3 % оказались годными без ремонта, 46,9 % подлежат восстановлению методом избирательного переноса и 36,7 % оказались непригодны для восстановления нашим методом и требуют ремонта на специализированном ремонтном предприятии. Полученные результаты сведены в таблицу 1.

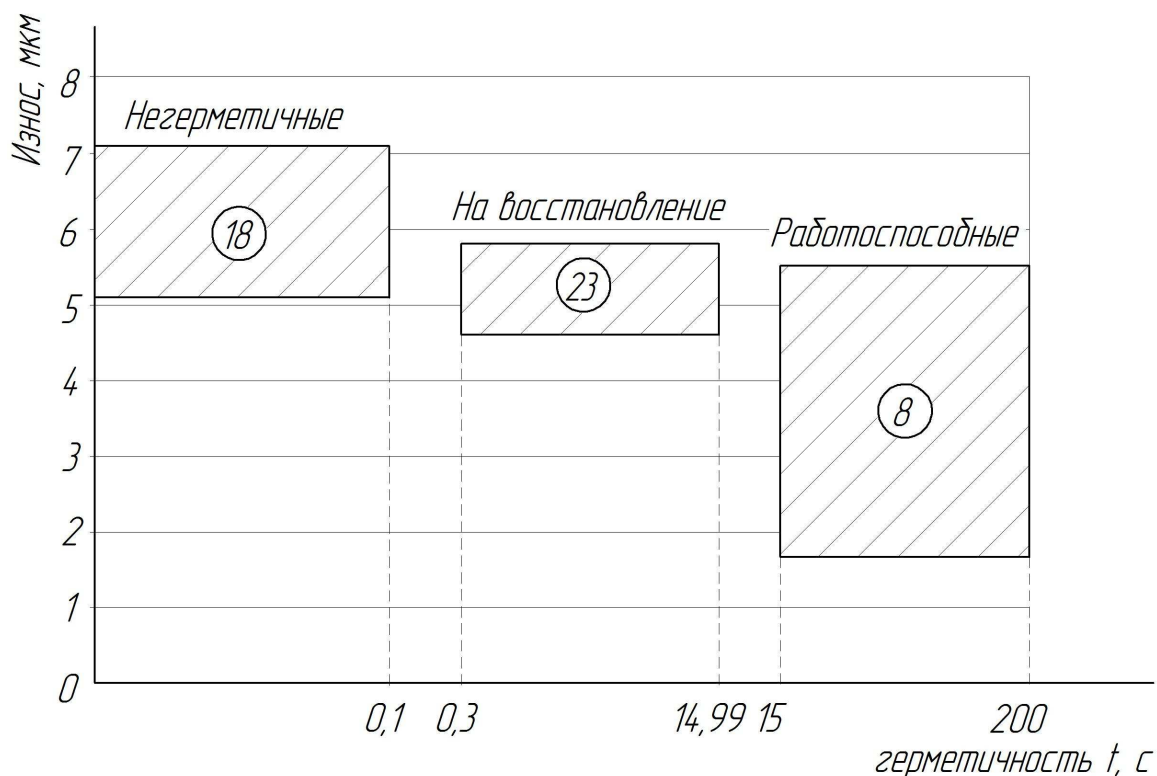


Рисунок 3. Зависимость герметичности плунжерных пар от износа

Таблица 1 – Результаты исследований износа плунжерных пар насоса УТН-5 (трактора МТЗ-80)

Наименование показателей	Количество, шт.	Процент от выборки, %	Интервал величин износа, мкм
Объем выборки	49	100	0-7,1
Работоспособные (по метке) с $t \geq 15$ с	3	6,1	0-2,3
Работоспособные (повернуто на 180° от метки) с $t \geq 15$ с	8	16,3	1,7-5,5
Герметичные с $0,3 < t < 14,99$ с (на восстановление)	23	46,9	4,6-5,8
Негерметичные с $t=0$ с	18	36,7	5,1-7,1

Следовательно, почти 50 % плунжерных пар можно восстанавливать методами избирательного переноса, поэтому дополнительные исследования в этом направлении экономически оправданны.

Одним из перспективных направлений восстановления ресурса узлов и деталей машин является безразборный метод ремонта, а также продление

безремонтного срока службы путем введения в состав топлива или смазки восстановительных композиций.

Состав различных добавок и композиций для восстановления и prolongации ресурса машин в большинстве случаев включает себя минерал серпентинит.

Практика применения серпентинитов свидетельствует, что он способен внедряться в контактирующие поверхности черного металла под действием контактного давления, что приводит к восстановлению объема, формы и размеров изношенных деталей [1].

Природные материалы группы серпентинитов представляют собой порошок, который в маслах и прочих носителях не растворяется и не вступает с ними в химические реакции, не меняет вязкость масла ввиду очень малой концентрации (2 мл на 1 л масла или топливо), не является абразивным материалом, безвреден как в исходном состоянии (порошок), так и в процессе приработки [2]. ООО «Венчур-Н» предоставил три вида порошка серпентинита (рисунок 4).



Рисунок 4 – Виды порошка серпентинита:

- 1 – порошок, содержащий максимальное количество абразивных включений;
- 2 – порошок, содержащий среднее количество абразивных включений;
- 3 – порошок, очищенный от абразивных включений.

Целью исследований являлось определение вида серпентинита для дальнейшего проведения натуральных экспериментов и исследование процес-

са восстановления плунжерных пар путем притирки с помощью АРВК, разведенной до состояния пасты.

Пасту готовили экспериментальным путем – замешивая ее с дизельным топливом до состояния, с которым было удобно работать. Полученную смесь помещали в плунжерную пару и совершали возвратно-поступательное движение плунжера, относительно вращающейся втулки закрепленной в патроне сверлильного станка.

По результатам проведенных исследований определялась масса плунжерных пар на аналитических весах AR-2140 с точностью до 0,0001 г. Поверхность трения контролировалась на электронном микроскопе МИМ-8М при различной кратности увеличения. Периодичность притирки и контроля составляла 15 минут.

В результате исследований выявлено, что в начальный период внесенный в дизельное топливо серпентинит, попадая в зону контакта, производит микрошлифовку поверхности, снимая оксидную пленку и часть основного металла (рисунок 5). Это подтверждается потерей весовых характеристик, причем как втулки, так и плунжера.

Анализ полученных результатов (таблица 2, таблица 3) показывает резкую потерю массы плунжера и втулки в начальный период времени, которые притирались 15 минут.

Таблица 2 – Результаты измерения плунжера

Время притирки	Масса плунжера, г.		
	№1	№2	№3
0 мин	59,0667	58,6713	59,6767
15 мин	59,0472	58,6617	59,658
30 мин	59,0432	58,6521	59,6548
45 мин	59,0446	58,6475	59,6572

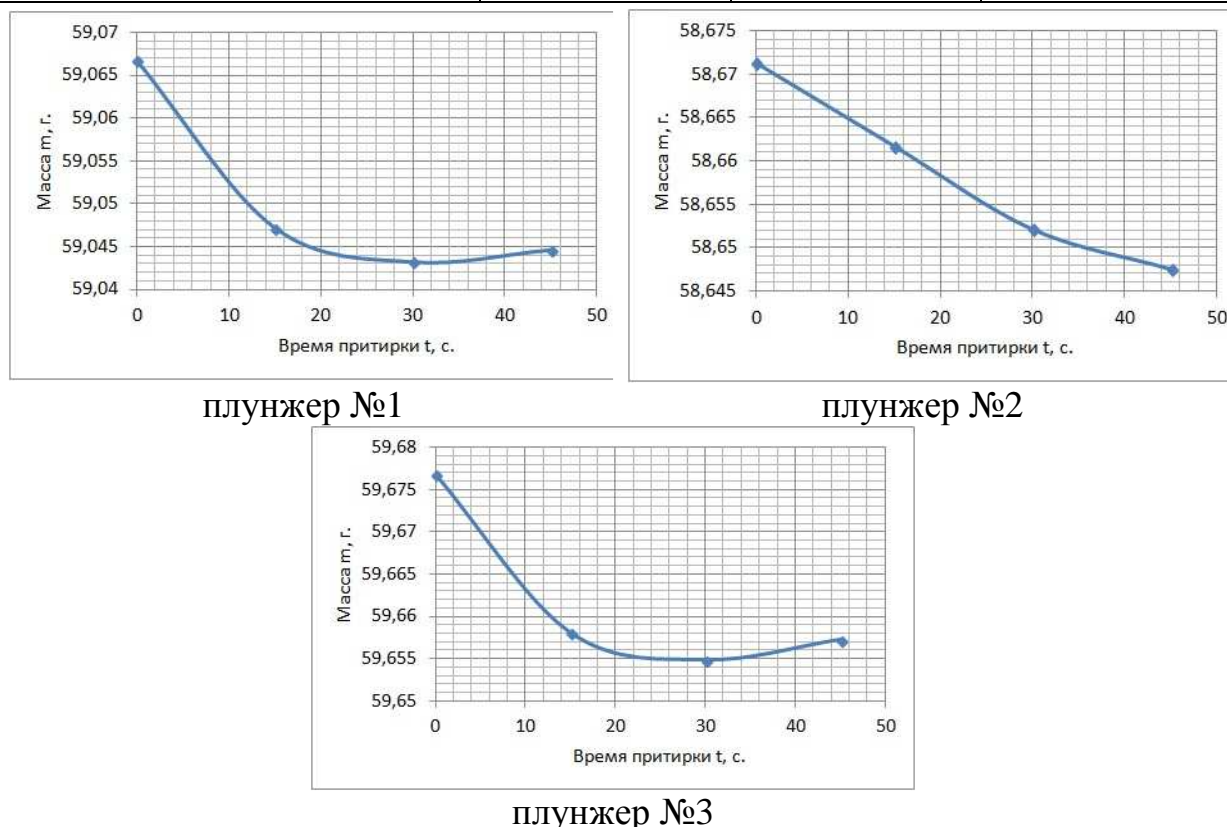


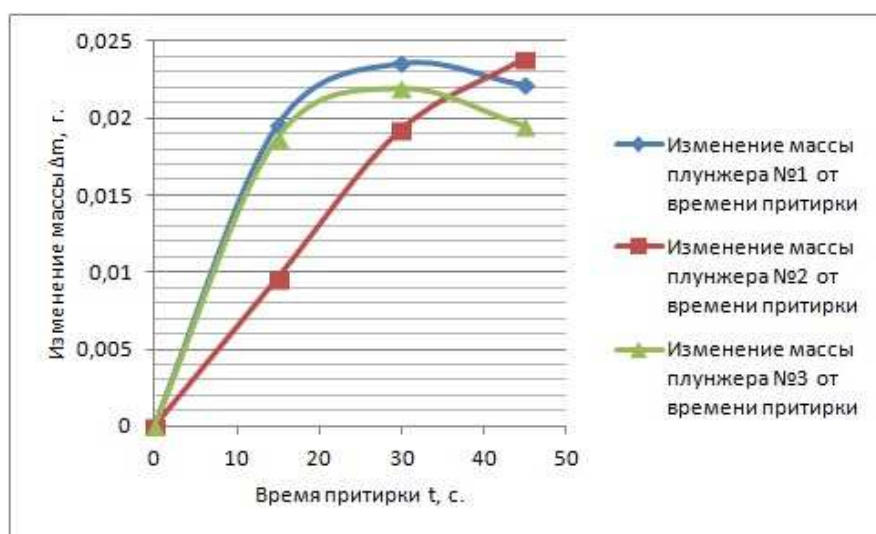
Рисунок 5. Изменение весовых характеристик плунжера в зависимости от времени притирки

Потеря массы составляет от 50 % до 85 % для плунжеров (рисунок 6 а) и около 100 % для втулок (рисунок 6 б) от общего количества потерянной массы, в дальнейшем идет незначительная потеря массы притираемых элементов, а в некоторых случаях и прибавка веса.

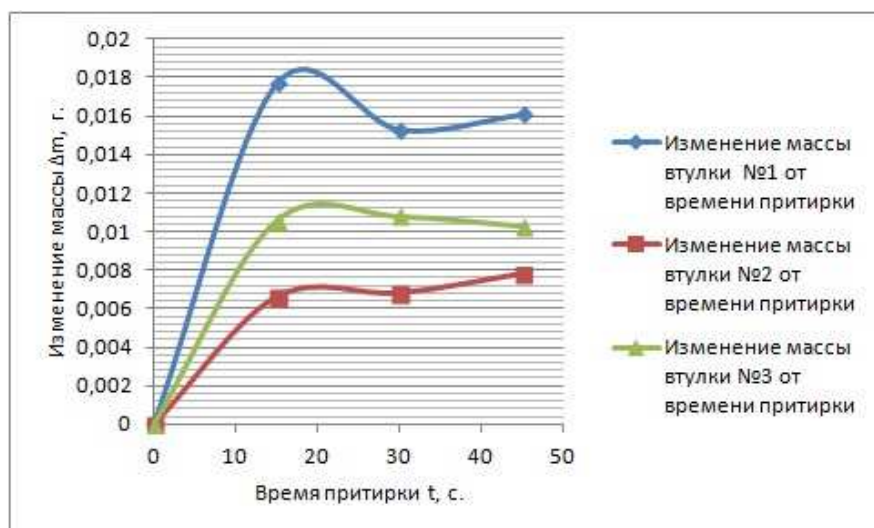
Таблица 3 – Результаты измерения втулки

Время притирки	Масса втулки, г.		
	№1	№2	№3
0 мин	67,3038	67,6104	67,4352
15 мин	67,2861	67,6038	67,4246
30 мин	67,2885	67,6036	67,4244
45 мин	67,2877	67,6026	67,4249

Однако говорить о том, что если мы увеличим время притирки восстанавливаемых элементов, то добьемся прибавки в массе плунжера и втулки по отношению к начальному времени притирки (0 минут) нельзя. Так как плотность материала, из которого изготовлена плунжерная пара больше, чем у минерала серпентинит, поэтому в случае восстановления полной герметической плотности плунжерной пары ее масса может быть меньше, чем перед восстановлением.



а – плунжер



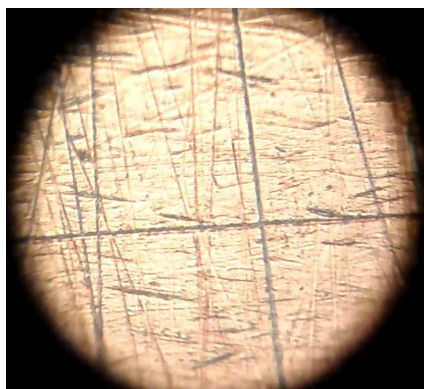
б – втулка

Рисунок 6. Изменение массы втулки и плунжера в зависимости от времени притирки

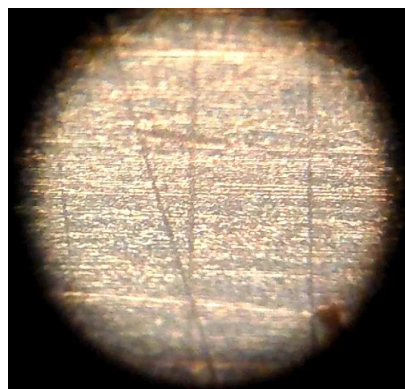
При длительной притирке серпентинит, внедрившись в поверхность металла, под воздействием контактных нагрузок диффундирует вглубь кристаллической решетки металла. Под воздействием давления и температуры в точке контакта из компонентов серпентинита формируется слой на контактирующих поверхностях.

Предполагается, что процесс формирования слоя будет происходить на втулке и плунжере одновременно, поскольку обе контактирующие поверхности находятся под воздействием одной и той же нагрузки.

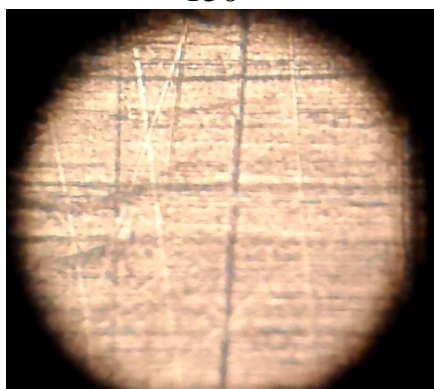
Поскольку абразивные частицы серпентинита производят микрошлифовку поверхностей, то мы получаем более низкую шероховатость. Анализ поверхностей на микроскопе показывает, что качество поверхности улучшается для всех видов порошков по сравнению с плунжерной парой, не проходившей притирку. Плунжерные пары, прошедшие притирку в течение 45 минут порошками №1 и №2, имеют глубокие риски на поверхностях (рисунок 7) однако эти риски закрыты, поэтому можно предположить, что у данных плунжерных пар будет увеличиваться гидравлическая плотность.



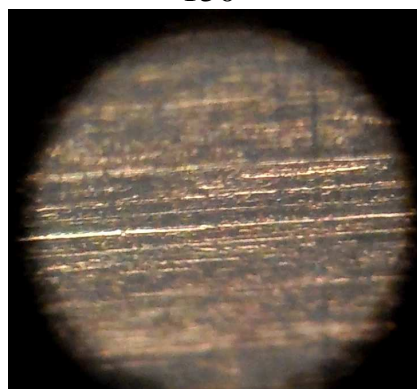
поверхность плунжера
при использовании порошка №1,
150^x



поверхность плунжера
при использовании порошка №3,
150^x



поверхность плунжера при
использовании порошка №2, 150^x



поверхность плунжера без притирки,
150^x

Рисунок 7 – Поверхности плунжера после притирки

Наилучшие результаты показывает порошок №3, очищенный от абразивных включений.

На основе данных исследований можно сделать следующие выводы:

- недостаточно изучены вопросы по применению серпентинитов для топливной системы дизельных двигателей, в частности плунжерных пар ТНВД;

- при притирке плунжерных пар порошками серпентинита в дизельном топливе в начальный период происходит микрошлифовка трущихся поверхностей, что подтверждается потерей веса плунжера и втулки;

- визуально установлено при увеличении 150^x, качество поверхности плунжера заметно лучше с использованием порошка серпентинита, очи-

щенного от абразивных включений (порошок №3).

Поэтому в дальнейших исследованиях планируются стендовые испытания с использованием порошка №3, а также определение оптимальной концентрации серпентинита в топливе и режимов работы стенда.

Список литературы

1. Нанотехнологии и наноматериалы в лесном машиностроении и техническом сервисе: Учебное пособие / В.В. Быков, В.И. Балабанов, И.Г. Голубев и др. / М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013. – 74 с.
2. Ерохин М.Н., Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие / Ерохин М.Н., Балабанов В.И., Стрельцов В.В.; Под общей редакцией академика Россельхозакадемии М.Н. Ерохина. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 300 с.

References

1. Nanotehnologii i nanomaterialy v lesnom mashinostroenii i tehničeskom servise: Uchebnoe posobie / V.V. Bykov, V.I. Balabanov, I.G. Golubev i dr. / M.: FGBOU VPO MGUL, 2013. – 74 s.
2. Erohin M.N., Nanotehnologii i nanomaterialy v agroinzhenerii. Uchebnoe posobie / Erohin M.N., Balabanov V.I., Strel'cov V.V.; Pod obshhej redakciej akademika Ros-sel'hozakademii M.N. Erohina. – M.: FGOU VPO MGAU, 2008. – 300 s.