

Г. А. ТАШКИНОВ
Кафедра ремонта машин

ИЗНОС ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТОПЛИВНОГО НАСОСА ТРАКТОРА ДТ-54

От состояния плунжерных пар в значительной степени зависит нормальная работа топливной аппаратуры дизельного двигателя. Состояние плунжерных пар определяется степенью их изношенности, так как износ вызывает уменьшение количества топлива, подаваемого насосом, ухудшение качества распыливания, нарушение равномерности подачи, затруднение запуска двигателя.

Из практики известно, что срок службы плунжерных пар колеблется в очень широких пределах. Установлено также, что срок службы плунжерных пар зависит от загрязненности топлива механическими абразивными частицами. Но не выяснено влияние на величину износа и срок службы плунжерных пар количества и размера абразивных частиц, загрязняющих топливо.

В целях выявления значения размеров и количества абразивных частиц в топливе на износ плунжерных пар, определения величины и характера износа рабочих поверхностей плунжерных пар нами проведено исследование их износа. Изнашивание плунжерных пар осуществлялось непосредственно в топливных насосах на лабораторной установке, имитирующей эксплуатационные условия работы насосов.

Изнашиванию подвергались топливные насосы дизельного двигателя Д-54. Один насос испытывался на топливе, полностью очищенном от механических частиц, четыре — на топливе с внесенной в него почвенной кварцевой пылью с поперечным размером частиц от 0 до 30 микрон (150 и 300 г в тонне топлива), от 0 до 10 микрон (300 г в тонне топлива) и от 0 до 2 микрон (300 г в тонне топлива). Топливные фильтры из системы питания насосов были исключены.

Периодический контроль состояния плунжерных пар осуществлялся путем их гидравлических испытаний, которые позволяли определить усредненную величину зазора между плунжером и гильзой, путем замера давления, развиваемого парами, и снятия характеристик подачи топлива насосом. Величина износа и его расположение на поверхности головки плунжера определялись с помощью отпечатков, наносимых алмазной пирамидой [1].

Исследования показали, что при работе насоса на топливе, полностью освобожденном от абразивных частиц, износ плунжерных пар практически неощутим. Через 3000 часов работы насоса средний линейный износ плунжеров, замеренный на расстоянии 1 мм от их верхней торцевой кромки составил всего 0,35 микрона. Какого-либо изменения качества поверхности при этом не обнаружено.

Наращение износа при работе на загрязненном топливе зависит как от количества засорителя в топливе, так и от размерного состава абразивных частиц. При загрязнении топлива различными весовыми порциями одного и того же засорителя скорость изнашивания прямо пропорциональна весу засорителя в топливе.

Совершенно иная закономерность наблюдается при изнашивании плунжерных пар одинаковыми весовыми количествами засорителя в топливе, но с различными размерными составами абразивных частиц. На рис. 1 изображены кривые износа плунжеров двух топливных насосов, работавших на топливе, в тонне которого содержалось 300 г абразивных частиц размером до 2 микрон в одном случае и до 30 микрон в другом случае. Кривые показывают, что при изнашивании абразивными частицами размером до 2 микрон наибольшая интенсивность увеличения износа наблюдается в начальный период работы насоса; с течением времени интенсивность изнашивания уменьшается. Наоборот, скорость нарастания износа при работе насоса на топливе с абразивными частицами размером до 30 микрон с течением времени возрастает. Определение величины зазоров в парах показало такую же закономерность их увеличения по мере изнашивания.

Наблюдаемая закономерность изнашивания обуславливается различным действием на изнашиваемые поверхности разных по размеру абразивных частиц, а также особенностью конструкции и работы плунжерных пар. Проникновение абразивных частиц между плунжером и гильзой происходит в результате просачивания топлива через зазор в период нагнетатель-

ного хода плунжера. При этом частицы размером меньше радиального зазора свободно проносятся через него топливом, не оказывая значительного воздействия на изнашиваемые поверхности. Относительная безвредность таких частиц объясняется концентрическим положением плунжера в гильзе и отсутствием внешних боковых усилий на плунжер. Абразивные частицы, поперечный размер которых равен или несколько больше радиального зазора заклиниваются в нем, создают абразивную прослойку между плунжером и гильзой, изнашивают рабочие поверхности деталей пары во время их относительного перемещения, пластически деформируя или срезая частицы металла. На рис. 2 и рис. 3 приведены микрофотографии поверхности плунжера, на которой видны результаты действия отдельных абразивных частиц: ребристый след прокатившейся частицы и царапина, образованная проскальзыванием частицы.

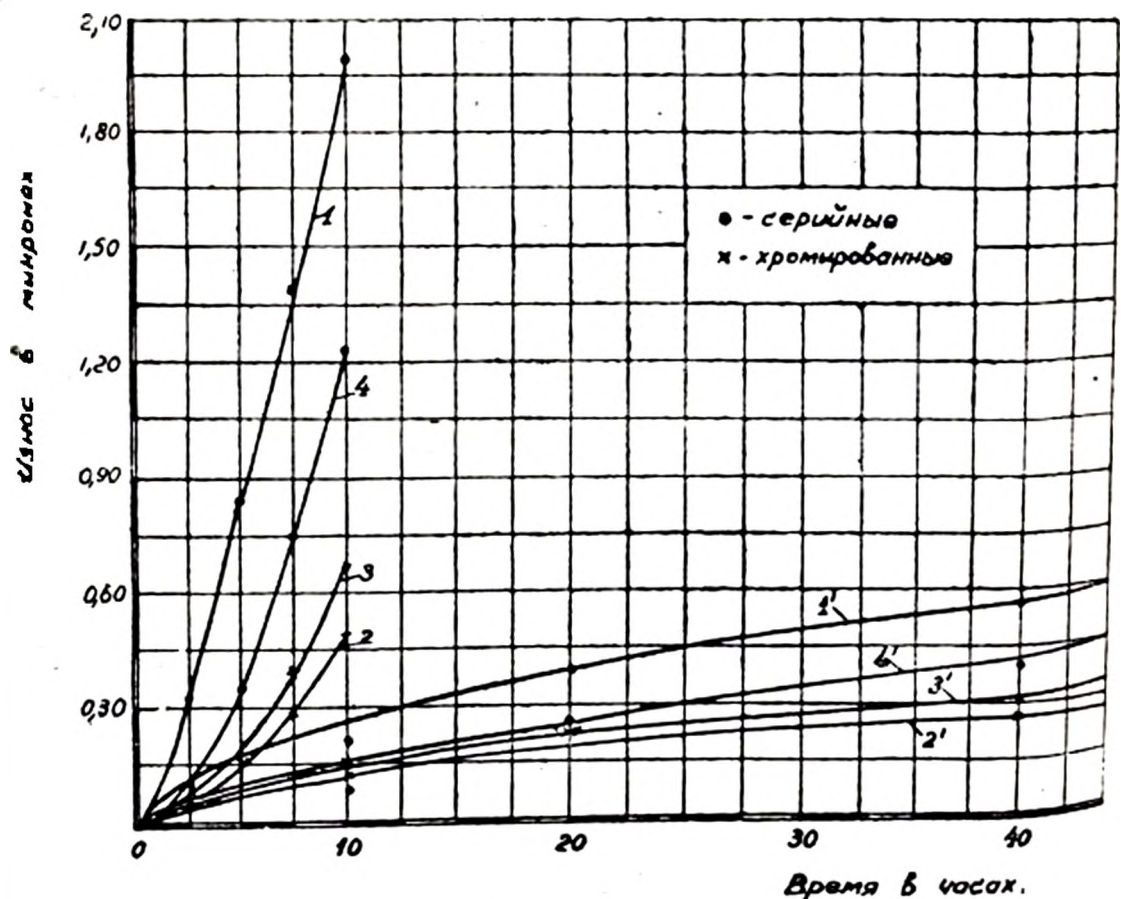


Рис. 1. Износ плунжеров при работе насоса на топливе, засоренном абразивными частицами размером до 2 микрон (кривые 1', 2', 3', 4') и до 30 микрон (кривые 1, 2, 3, 4).

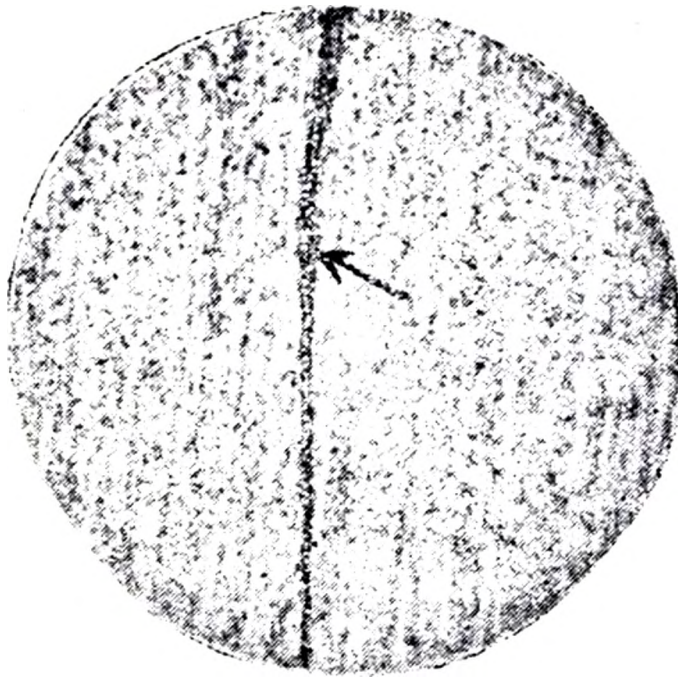


Рис. 2. Ребристый след на поверхности плунжера от прокатившейся абразивной частицы. (x 500). (Г. А. Ташкинов «Износ плунжерных пар...»)

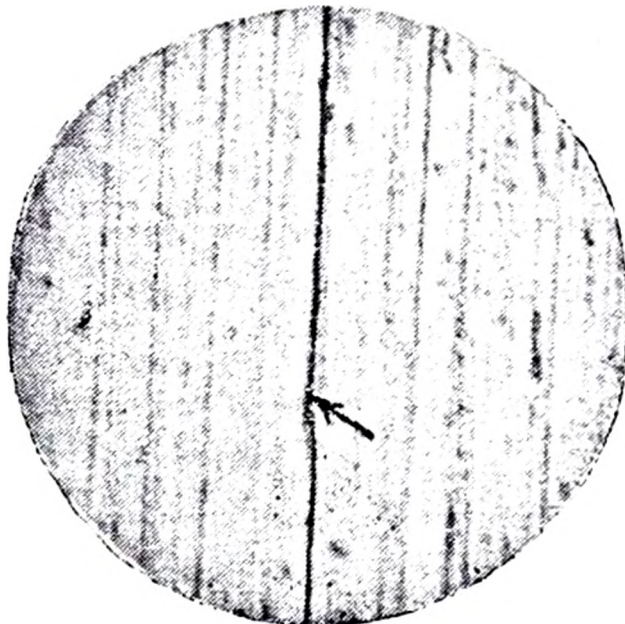


Рис. 3. Поверхность плунжера с царапиной от абразивной частицы (x 500). (Г. А. Ташкинов «Износ плунжерных пар...»)

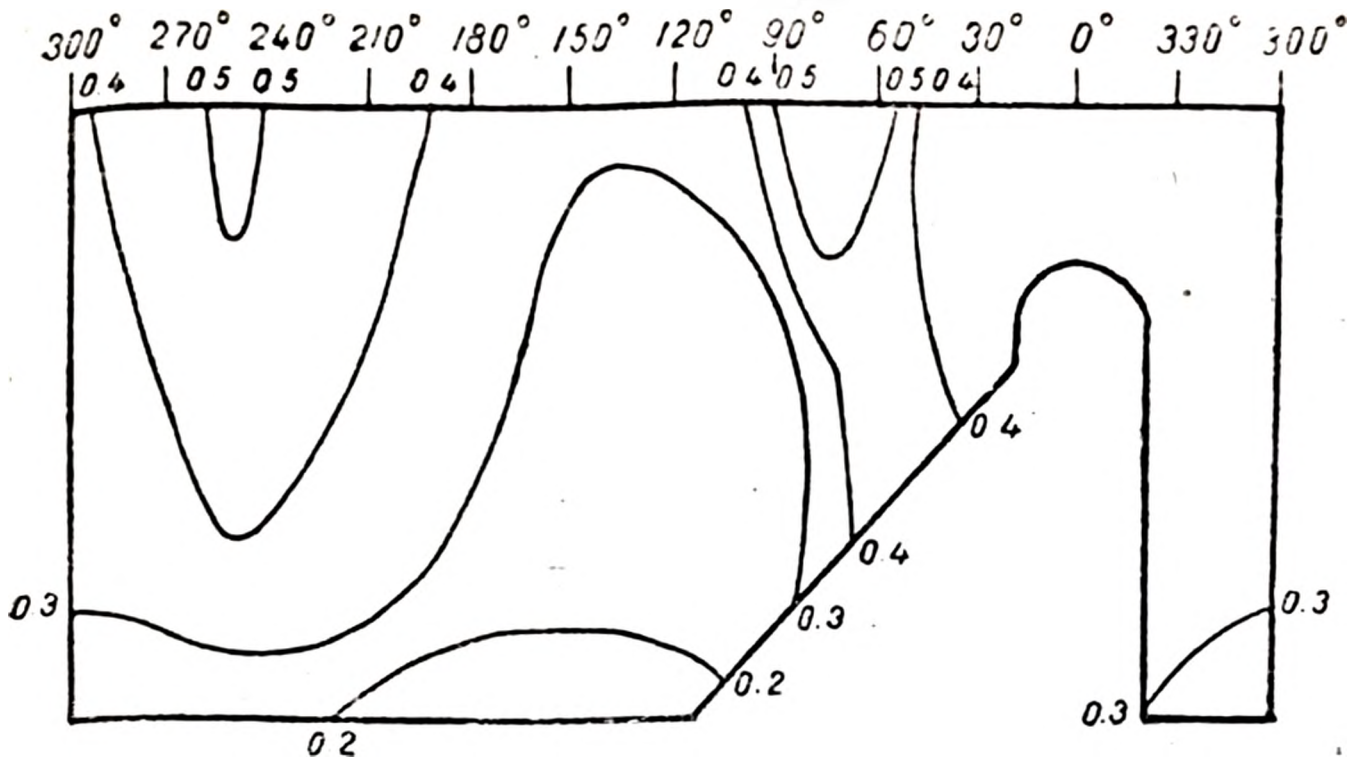
Частицы, поперечный размер которых значительно больше радиального зазора, проникнуть в него не могут. Однако такие частицы могут быть защемлены между торцевой кромкой плунжера и кромкой всасывающего отверстия гильзы в момент его перекрытия, что является одной из причин образования местного износа деталей пары.

По мере изнашивания плунжерных пар и увеличения их зазора, через последний просачивается все большее и большее количество топлива с содержащимися в нем абразивными частицами. Если в топливе содержится больше частиц, размер которых превышает величину радиального зазора пары в данный момент изнашивания, то скорость нарастания износа повышается. Если по мере изнашивания зазор достигает размера наибольших абразивных частиц, то интенсивность нарастания износа уменьшается.

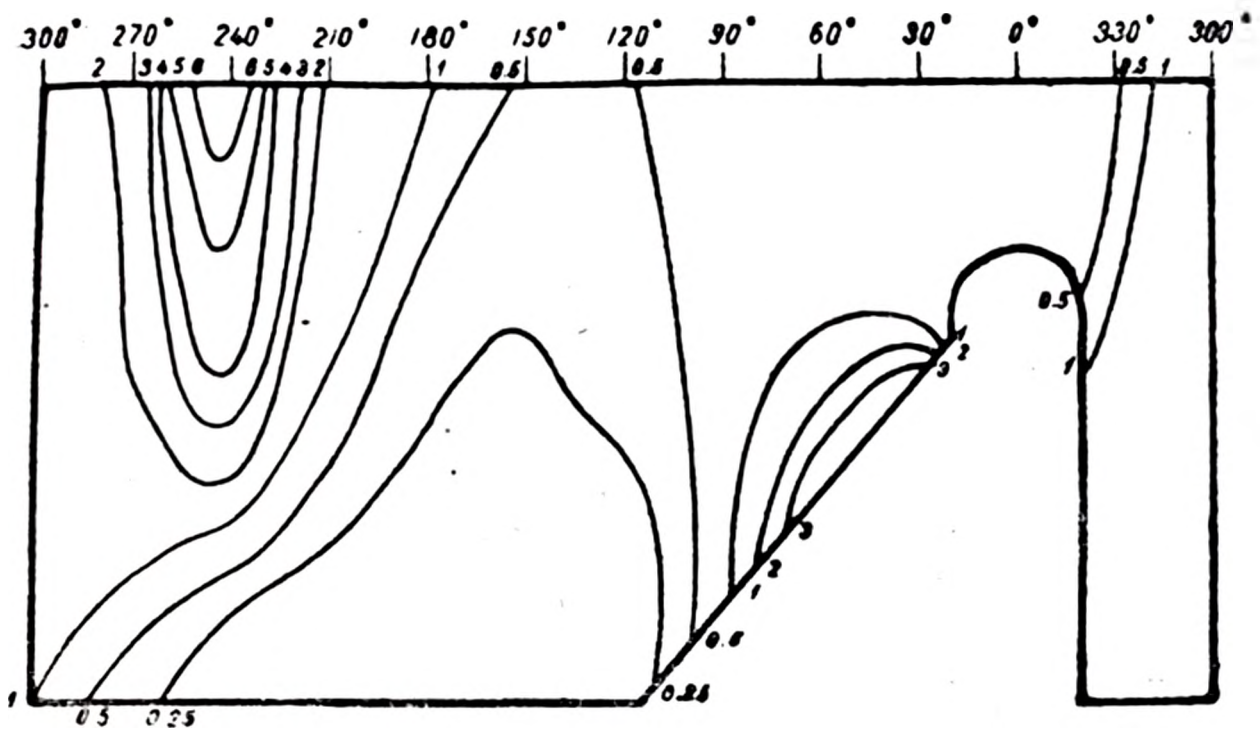
Исследования позволили вскрыть причину, неодинакового износа плунжерных пар, установленных в одном топливном насосе. Оказалось, что в условиях абразивного изнашивания наибольший износ наблюдается в тех парах, зазор в которых перед изнашиванием больше. Известно [2], что количество топлива, просачивающегося через зазор, пропорционально величине зазора в третьей степени. В связи с этим плунжерная пара, имеющая больший зазор, подвергается ускоренному изнашиванию из-за проникновения в зазор большого количества абразивных частиц. Неодинаковый износ пар приводит к нарушению равномерности подачи топлива по цилиндрам двигателя. Поэтому подбор пар с одинаковым зазором при комплектовании топливных насосов имеет важное значение для сохранения стабильности показателей работы насоса во время его эксплуатации.

Измерение износа с помощью отпечатков позволило определить его расположение на головке плунжера. Независимо от размера и количества абразивных частиц, а также материала плунжеров, износ их всегда имеет постоянный характер с вполне определенным расположением. Расположение износа на поверхности рабочей части плунжера изображено на рис. 4, 5, 6, 7 в виде графиков, которые представляют собой топографию развертки головки плунжера. Глубина износа в микронах указана цифрами на концах кривых.

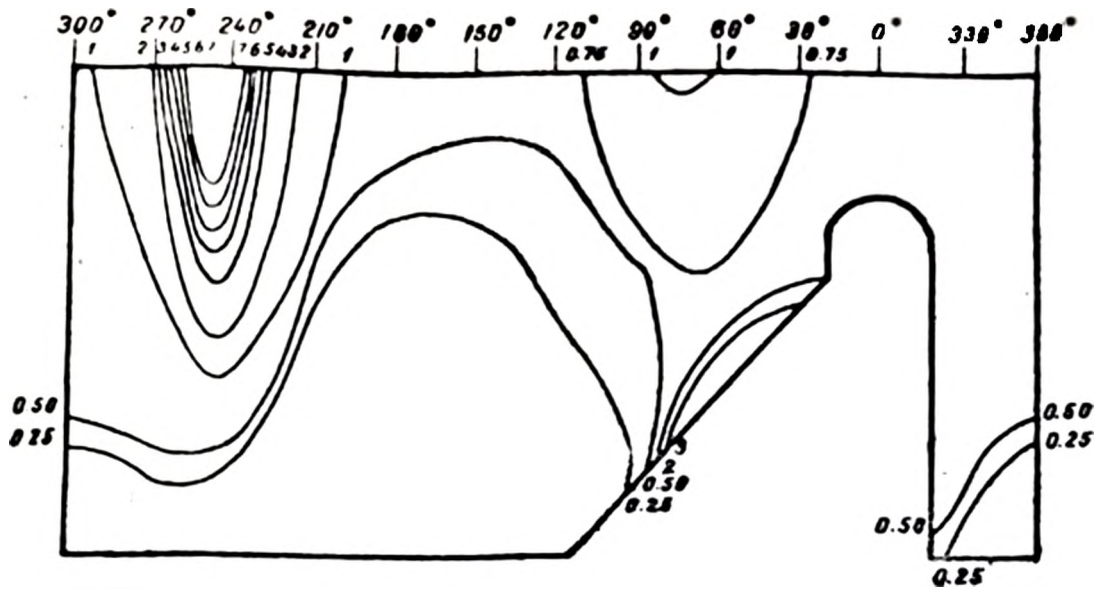
Наибольший износ серийных и хромированных плунжеров во всех случаях изнашивания наблюдается в месте относительного движения всасывающего отверстия гильзы — около верхней торцевой кромки плунжера, а также около его отсечной



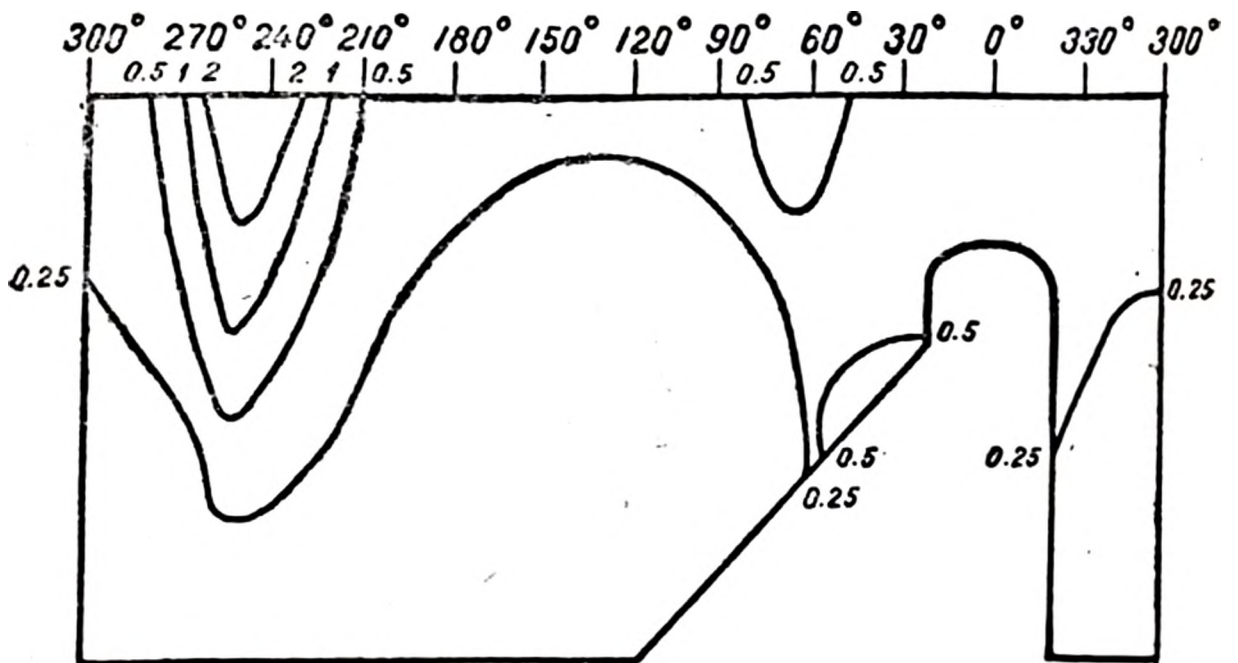
Фиг. 4. Топография поверхности головки плунжера через 3000 часов изнашивания на чистом топливе.



Фиг. 5. Фотография поверхности головки плунжера через 180 часов изнашивания на топливе, в тонне которого содержится 300 г абразивных частиц размером до 2 микрон.



Фиг. 6. Топография поверхности головки плунжера через 20 часов изнашивания на топливе, в тонне которого содержится 150 г абразивных частиц размером до 30 микрон.



Фиг. 7. Топография поверхности головки хромированного плунжера через 20 часов изнашивания на топливе, в тонне которого содержится 150 г абразивных частиц размером до 30 микрон.

винтовой кромки — в месте относительного движения отсечного отверстия гильзы.

Исследования под микроскопом показывают, что поверхность плунжера в месте наибольшего износа со стороны всасывающего отверстия покрыта продольными царапинами, а около отсечной кромки покрыта следами ударов абразивных частиц, что является результатом действия абразивной струи.

Величина износа гильз в исследовании определялась с помощью гидравлических испытаний, проводимых для каждой гильзы с двумя плунжерами, один из которых в дальнейшем подвергался изнашиванию с гильзой, а второй являлся контрольным. Сравнение величины зазоров, определенных с двумя плунжерами, показало, что при работе с серийным плунжером износ гильзы равен 30—50% общего износа пары, а износ гильзы, работающей с хромированным плунжером равен 40—60% износа пары. Наибольший износ гильз наблюдается на участках выше всасывающего отверстия и ниже отсечного.

Образование местного износа плунжеров и гильз объясняется двумя причинами: направлением движения через зазор к окнам гильзы топлива с содержащимися в нем абразивными частицами, а также защемлением частиц кромками плунжера и всасывающего отверстия гильзы в момент его перекрытия и ударами частиц о поверхности плунжера и гильзы около винтовой кромки в момент отсечки топлива. Глубина продольных царапин и вмятин от ударов частиц на поверхности плунжера всегда пропорциональны размеру наибольших абразивных частиц, присутствующих в топливе.

ВЫВОДЫ

1. Причиной выхода плунжерных пар из строя является абразивный износ механическими частицами, загрязняющими топливо. При отсутствии фильтрации топлива плунжерные пары приходят в полную негодность через 20 часов работы на топливе, в одной тонне которого содержится 150 г кварцевой пыли с размером частиц до 30 микрон. Срок службы плунжерных пар топливного насоса двигателя Д-54 при работе на топливе без механических частиц — не менее 15 тысяч часов.

2. Наиболее вредными для плунжерных пар являются абразивные частицы, размером превышающие радиальный зазор в паре. Поскольку радиальный зазор в новых парах не превышает 1 микрона, а тракторные топливные фильтры пропускают частицы до 3—4 микрон, то предохранить плунжерные

пары от износа и увеличить срок их службы можно только очисткой дизельного топлива путем его длительного отстоя.

3. Изнашивание плунжерных пар на загрязненном топливе вызывает образование на их рабочих поверхностях продольных царапин. Поэтому наличие царапин на поверхности головки плунжера может служить критерием исправности топливных фильтров или тщательности очистки топлива путем предварительного отстоя.

4. Износ плунжерных пар неравномерно распределяется на их рабочих поверхностях. Наибольшая величина местного линейного износа плунжера, подлежащего выбраковке, достигает 9 микрон. Величина усредненного радиального зазора в изношенной плунжерной паре равна 4—5 микронам. Указанные величины износов следует учитывать при подборе изношенных пар с целью восстановления их методом перекомплектовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Ташкинов. «Определение износа прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры методом отпечатков». Сборник трудов факультета механизации ИСХИ № 1. Иркутск, 1957 г.

2. Г. А. Ташкинов. «Исследование износа плунжерных пар дизельного топливного насоса». Трение и износ в машинах. Сборник 13. Изд. АН СССР, 1958 г.

3. Г. А. Ташкинов. «Исследование износа плунжерных пар топливного насоса трактора ДТ-54». Диссертация. Москва, 1954.
