

**БЕЗРАЗБОРНАЯ ОЧИСТКА ФОРСУНОК СИСТЕМЫ
ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Аюгин Н.П., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-83, nikall85g@yandex.ru
Яковлев С.А., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422)55-95-97, Jakseal@mail.ru
Замальдинов М.М., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-97, zamaldinov.marat@mail.ru
Халимов Р.Ш., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422)55-95-90, hrasp29@yandex.ru
Молочников Д.Е., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-13, denmol@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

***Ключевые слова:** дизель, безразборная очистка, форсунки, система питания*

Работа посвящена анализу способов очистки форсунок системы питания дизелей от нагароотложений, образующихся в процессе работы ДВС, и разработке стенда для безразборной очистки форсунок с применением водотопливной эмульсии.

Введение. В процессе эксплуатации техники энергетические, экономические и ресурсные показатели работы дизелей выходят за пределы регламентированных значений [1-3]. Ухудшение этих показателей обусловлено множеством причин, в том числе и образованием на поверхностях деталей двигателя высокотемпературных отложений в виде асфальтосмолистых веществ и нагаров.

Этим видам загрязнений подвержены камеры сгорания, клапаны, поршни, форсунки, проточные части турбокомпрессоров, выпускные коллекторы и другие детали [4-5].

Нагары представляют собой спекшуюся массу из разложившегося при высокой температуре масла, смол, сажи, пыли, продуктов неполного сгорания топлива. Они относятся к группе твердых углеродистых отложений и имеют высокие теплоизоляционные свойства и низкую теплопроводность.

Образование нагара, как правило, снижает надежность работы двигателя, сокращает срок его службы, уменьшает экономичность и вызывает увеличение эксплуатационных расходов [6-9].

Материалы и методы исследований. Для очистки деталей двигателя от нагароотложений наиболее часто прибегают к механической очистке с частичной разборкой. Для очистки распылителей форсунок от коксовых отложений необходимо вскрыть головку блока цилиндров, снять форсунки, провести их разборку и очистить распылители с помощью специальных металлических щеток. Очистку игл осуществляют путем их погружения в специальный химический раствор [4].

Недостатком механического способа является большая трудоемкость очистки, а также повреждение очищаемых поверхностей.

Для очистки деталей ДВС от нагара также используют пневматический способ. При этом способе на очищаемые поверхности деталей вместе с воздухом со скоростью 50 м/сек. подается косточковая крошка.

Химический способ очистки деталей ДВС от нагароотложений сводится к погружению очищаемых

деталей в специальный раствор, нагретый до температуры 80...95 °С, выдержке на протяжении 2...3 часов и последующему удалению оставшегося нагара щеткой.

Электролитическая очистка деталей осуществляется на протяжении 10...30 минут в электролитической ванне, заполненной 10 % раствором едкого натра, нагретого до 65...70 °С. Очищаемая деталь служит анодом, а плотность тока должна составлять – 5 А/дм².

Химической промышленностью для очистки деталей ДВС от нагароотложений выпускаются различные химические составы, которые необходимо добавлять в топливо.

При данном способе очистки очистительную жидкость заливают в топливный бак и запускают двигатель до полного израсходования топлива. Недостатком этого способа очистки является то, что смытые со стенок топливопровода и топливного бака загрязнения поступают в систему питания двигателя, при этом загрязняют топливный насос и форсунки.

В ряде литературных источников для очистки деталей дизелей приводится целесообразность использования водотопливных эмульсий. При работе дизеля на водотопливной эмульсии значительно улучшается процесс смесеобразования за счет явления "микровзрыва", так как капли эмульгированного топлива, образовавшиеся после впрыскивания через форсунки, состоят из частиц топлива, внутри которых располагается большое количество хаотически движущихся включений воды. Размеры этих включений колеблются от 1 до 3 мкм и практически не зависят от условий распыливания, а также способов подачи воды в камеру сгорания [4].

Основным фактором возможности использования воды для удаления нагароотложений с поверхностей камеры сгорания является повышенный коэффициент теплопроводности воды в сравнении с дизельным топливом.

В процессе работы двигателя на водотопливной эмульсии разрушение нагароотложений на поверхностях камеры сгорания (распылители форсунок, днище поршня, огневая поверхность головки цилиндров и т.д.) происходит из-за повышенной кинетической энергии молекул воды (пара) под действием локальных знакопеременных усилий.

Катализатором процесса разрушения и удаления нагароотложений является повышенная температура поверхностей камеры сгорания, создаваемая перегретыми парами воды, что значительно снижает потери энергии на нагрев тепловоздушной смеси и способствует удалению высокотемпературных отложений.

Согласно исследованиям оптимальное содержание воды в топливе должно составлять 10 %. При меньшем количестве воды снижается интенсивность удаления нагароотложений, а при большем происходит нарушение стабильности работы дизеля.

Известно, что испарение капель воды, находящихся в эмульсии, возможно за счет подвода тепла при условии соответствия значения давления определенной температуре испарения.

Количество тепла, подводимого к эмульсии от корпуса распылителя за счет диссипации механической энергии невелико, поэтому температура эмульсии в конце соплового канала не превышает 485 °К, что выше средней температуры носка распылителя на 12 °К, а испарение капель воды возможно только при давлении 2 МПа и ниже. Следовательно, в процессе впрыска форсункой эмульсии

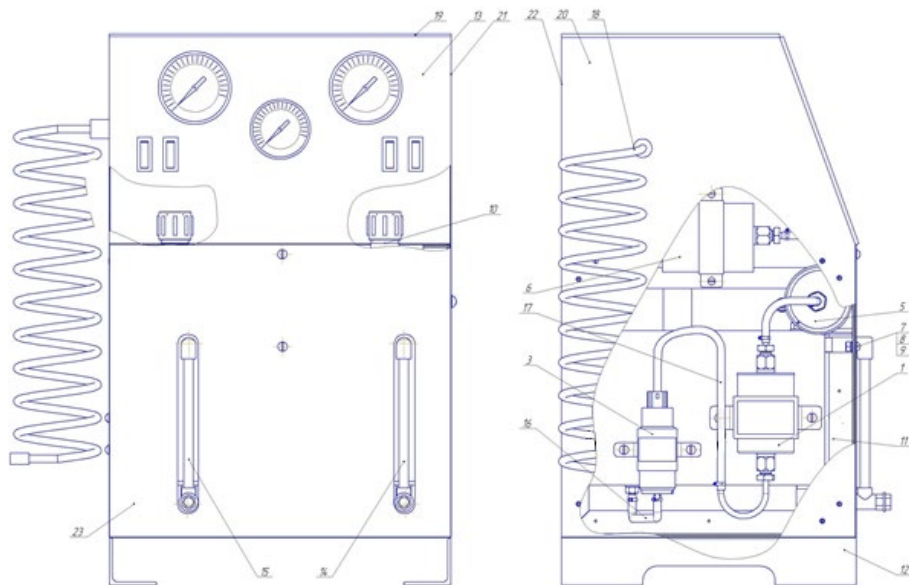
испарение должно происходить в конечной фазе этого процесса, а также у торца соплового канала при более высоком давлении за счет подвода тепла из камеры сгорания.

Повышение температуры эмульсии в зоне распылителя до полного прекращения ее подачи форсункой происходит также в результате массообмена продуктов сгорания топлива с эмульсией.

При прекращении процесса впрыскивания топлива форсункой его давление падает. Это приводит к испарению капелек воды в эмульсии до входа ее в сопловой аппарат за счет теплоты, подводимой от корпуса распылителя. Так, при давлении эмульсии 12 МПа температура испарения будет меньше 185 °С, т. е. ниже температуры поверхности распылителя. В этом случае происходит перенос теплоты от распылителя к эмульсии теплопроводностью.

Таким образом, при впрыскивании форсункой водотопливной эмульсии в цилиндр дизеля создаются температурные условия, при которых происходит испарение капелек воды. Это приводит к возникновению повышенных локальных давлений в зоне соплового канала распылителя, и, как следствие, к разрушению коксовых отложений. При испарении капелек воды в сопловом канале распылителя также происходит вытеснение остатков топлива из объема между корпусом распылителя и иглой после ее посадки в седло (для штифтовых форсунок). В результате улучшаются условия смесеобразования в конечной фазе впрыскивания, и предотвращается коксообразование.

Результаты исследований и их обсуждение. Разработанный стенд (рисунок 1) предназначен для приготовления и подачи водотопливной эмульсии в систему питания дизеля с целью раскоксовки распылителей форсунок без их демонтажа.



1,2 - насос дизельной и водяной магистрали, 3,4 - фильтр дизельной и водяной магистрали, 5 - смеситель, 6 -ТНВД, 7 - болт, 8 - шайба, 9 - гайка, 10 - бак для воды, 11 - бак для дизельного топлива, 12 - корпус, 13 - панель управления, 14, 15 - трубки уровня топлива и воды, 16 - трубка фильтра, 17 - трубка насоса, 18 - шланг подачи, 19 - крышка, 20 - панель боковая левая, 21 - панель боковая правая, 22 - панель задняя, 23 - панель передняя
 Рисунок 1 - Стенд для раскоксовки распылителей форсунок

Стенд включает каркас, баки, фильтра, насосы для дизельного топлива и воды, смеситель, ТНВД, форсунки, пульт управления.

Водотопливная эмульсия составляется в следующих пропорциях:

- дизельное топливо -16 л;
- вода 1,6 л (10 % от объема топлива);
- олсат натрия – 31 гр (0,25 % от массы топлива).

После ввода компонентов в бак включаются насосы для заполнения смесителя. Затем включается ТНВД, и смесь начинает циркулировать по контуру смеситель - ТНВД - смеситель. Впрыск смеси при циркуляции осуществляется через форсунки, установленные в смесителе. Во время приготовления эмульсии оператор совместно с водителем готовит топливную систему двигателя к раскоксовке: прогревают двигатель, отсоединяют топливопроводы низкого давления от головки ТНВД и перепускного клапана и соединяют их между собой специальным болтом с заглушкой, которые входят в комплект поставки стенда. Присоединяют к головке ТНВД автомобиля и к штуцерам стенда соответственно трубопроводы низкого давления подачи и слива эмульсии. После того, как будет прокачена эмульсией топливная система автомобиля, двигатель автомобиля может быть запущен, то есть, начата раскоксовка распылителей форсунок. После окончания раскоксовки, для удаления остатков эмульсии, топливную систему автомобиля необходимо перевести на работу на чистом дизельном топливе.

Заключение. Использование технологий безразборной очистки форсунок дизелей при работе на водотопливной эмульсии позволяет существенно снизить

трудоемкость и себестоимость работ по раскоксовке, а также сохранить энергетические, экономические и ресурсные показатели работы двигателей.

Библиографический список:

1. Аюгин, Н.П. Основы теории диагностики / Н.П. Аюгин, П.Н. Аюгин. – Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2014 – 204 с.

2. Аюгин, Н.П. Триботехника / Н.П. Аюгин, Р.Ш. Халимов, Г.Г. Минибаев. – Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2014 – 122 с.

3. Халимов, Р.Ш. Определение технического состояния ремонтного оборудования / Р.Ш. Халимов, Н.П. Аюгин, И.И. Шигапов // Сельский механизатор. - 2020. - № 8. - С. 28-29.

4. Голубев, В.А. К вопросу оценки работы тракторов / В.А. Голубев, Н.П. Аюгин, Р.Ш. Халимов // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2017. - С. 77-80.

5. Голубев, В.А. Анализ производства и применения биодизельного топлива / В.А. Голубев, С.В. Голубев, Н.П. Аюгин, А.В. Сергеев // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2016. - С. 25-29.

6. Халимов, Р.Ш. Определение технического состояния ремонтного оборудования / Р.Ш. Халимов, Н.П. Аюгин, Д.Е. Молочников // Материалы X Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт,

проблемы и пути их решения». – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2020. – С. 316-322.

7. Khalimov, R. Method for the determination of the processing quality of repair parts of agricultural machinery / R. Khalimov, N. Ayugin // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020). 2020. - С. 00139

8. Халимов, Р.Ш. Способ восстановления деталей сельскохозяйственных машин / Р.Ш. Халимов, Н.П. Аюгин, П.Н. Аюгин, А.А. Можаяев// Материалы VII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». – Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2016. - С. 245-251.

9. Зазуля, А.Н. Определение динамических характеристик подвижных стыков машин / А.Н. Зазуля, Р.Ш. Халимов, Д.Е. Молочников, Н.П. Аюгин, Л.Г. Татаров// Наука в центральной России. - 2018. - № 5 (35). - С. 11-17.

NON-SELECTIVE CLEANING OF DIESEL ENGINE POWER SYSTEM INJECTORS

**Ayugin N.P., Yakovlev S.A., Zamaldinov M.M., Khalimov R.Sh.,
Molochnikov D.E.**

Key words: diesel, non-selective cleaning, injectors, power supply system

The work is devoted to the analysis of methods for cleaning the injectors of the diesel power system from carbon deposits formed during the operation of the internal combustion engine, and the development of a stand for non-selective cleaning of injectors using a water-fuel emulsion.