

МЕХАНИЗАЦИЯ

УДК 631.3:621.436

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ПРИ РАБОТЕ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ТОПЛИВЕ

Т. Е. Алушкин, ассистент

А. В. Зубрицкий, аспирант

В. А. Аметов, доктор технических наук

Томский государственный архитектурно-строительный
университет

E-mail: timofey.alushkin@gmail.com

Ключевые слова: дизель, топливная аппаратура, техническое обслуживание

Реферат. Проанализировано влияние отклонений технического состояния топливной аппаратуры автотракторных двигателей на показатели их работы. Показана перспективность применения модифицированного топлива для обеспечения мощностных и топливно-энергетических параметров дизелей. Для реализации предложенного подхода необходима разработка технологии технического обслуживания топливной аппаратуры. Представлены результаты изучения влияния модифицированного топлива на мощностные и топливно-энергетические показатели дизеля Д-240, проведенного в стендовых условиях. Полученные результаты позволили разработать рекомендации по внесению изменений в настройки топливной аппаратуры. На основании этих рекомендаций и анализа нормативно-технической документации разработана технология технического обслуживания топливной аппаратуры. В статье содержится общее описание разработанной технологии и подробная технологическая карта на отдельную операцию. Представлена информация по спроектированному опытному оборудованию для проведения производственной проверки технологии.

Диагностирование тракторных дизелей, находящихся в условиях реальной эксплуатации, проведенное ГОСНИТИ, Санкт-Петербургским ГАУ и другими организациями, показало, что значительная часть (80–85 %) дизелей не развивает установленной мощности и имеет повышенный расход топлива. Так, из 92 контрольных испытаний тракторных дизелей, проведенных Северо-Кавказским филиалом ВИМ в хозяйствах Кубани, только в трех случаях они развивали мощность, гарантированную заводом-изготовителем. У 78 дизелей она была ниже номинальной на 15%, а у 11 выше на 16–25 %. Удельный расход топлива, соответствующий паспортным данным, имели лишь четыре дизеля [1]. В настоящее время в АПК основную работу выполняет техника, обладающая остаточным ресурсом, не превышающим 15–25% [2]. Как правило, мощностные и топливно-энергетические показатели дизелей у такой техники за-

частую не соответствуют требованиям нормативной документации.

Восстанавливать указанные эксплуатационные показатели дизелей тракторов и автомобилей возможно применением модифицированного топлива. В исследованиях по применению модифицированного топлива рассматривают в основном его влияние на экологические показатели двигателей или улучшение характеристик самого топлива по сравнению со стандартными (депрессорные свойства, смазывающая способность и т.п.). Использование модифицированного топлива как средства обеспечения мощностных параметров дизелей до настоящего времени подробно не рассматривалось.

Потенциальные возможности обеспечения мощностных и топливно-энергетических показателей дизелей, работающих на модифицированном топливе, зависят от технического состояния

топливной аппаратуры и качественного уровня ее технического обслуживания (ТО). Однако существующая нормативно-техническая документация (НТД) не учитывает возможность применения модифицированного топлива и связанные с этим изменения в технологию ТО топливной аппаратуры. Поэтому необходимо оценить влияние топлива, модифицированного присадкой, инициирующей горение, на мощностные и топливно-энергетические показатели дизеля и на базе полученной информации разработать технологии ТО топливной аппаратуры.

Целью исследования является совершенствование технического обслуживания топливной аппаратуры при работе дизеля на модифицированном топливе.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования является процесс совершенствования технологии технического обслуживания топливной аппаратуры с учетом изменения мощностных и топливно-энергетических показателей дизеля на основе положений ГОСТ 20793–2009 [3].

Исследования влияния дизельного топлива, модифицированного присадкой, инициирующей горение, ВРП на мощностные и топливно-энергетические показатели дизелей проводились на двигателе Д-240, установленном на обкаточно-тормозном стенде КИ-5543 с учетом требований ГОСТ 18509–88 [4].

Анализ состава присадки на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2» и атомно-эмиссионном спектрометре с микроволновой плазмой Agilent 4100 позволил утверждать о преобладании в ней соединений нафталина.

По данным [5, 6], к основным параметрам работы топливной аппаратуры относят не менее 10 количественных и 4 качественных показателей. В их число входят:

- величина цикловой подачи на скоростной характеристике насоса, $\text{мм}^3/\text{цикл}$;
- неравномерность цикловой подачи по цилиндрам, %;
- угол начала впрыска топлива (геометрический и действительный), град.;
- частота вращения топливного насоса высокого давления (ТНВД), при которой включается в работу центробежный регулятор (начало действия регулятора), мин^{-1} ;

– частота вращения ТНВД, при которой весь объем топлива уходит на слив (окончание действия регулятора), мин^{-1} ;

– пусковая подача топлива, $\text{мм}^3/\text{цикл}$;

– давление срабатывания перепускного клапана, МПа;

– давление открытия нагнетательных клапанов, МПа;

– давление, развиваемое топливоподкачивающим насосом (ТПН) в работе, МПа;

– герметичность впускного и нагнетательного клапанов ТПН;

– давление начала впрыска форсунки p_v , МПа;

– качество распыления топлива форсункой;

– герметичность посадки пары «игла – распылитель»;

– герметичность фильтров грубой и тонкой очистки топлива.

Согласно ГОСТ 20793–2009, операции проверки и регулировки топливной аппаратуры осуществляются при выполнении ТО-3 и включают в себя проверку на давление начала впрыскивания и качество распыления топлива у форсунок, угла начала нагнетания и равномерность подачи топлива ТНВД, работоспособности центробежного регулятора, давления, развиваемого ТПН. На базе этого авторами делается вывод о том, что остальные параметры топливной аппаратуры проверяются лишь при текущем или капитальном ремонте.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные результаты исследований влияния модифицированного топлива на мощностные и топливно-энергетические показатели представлены в работах [7, 8]. При этом максимальные величины прироста для эффективной мощности составили 8,5 %, для эффективного крутящего момента – 8,2 %. Снижение удельного эффективного расхода топлива составило до 10,2 %. В результате проведенных испытаний было выявлено, что наибольший прирост мощности дизеля обеспечивается при работе на режимах, близких к номинальным. При работе дизеля Д-240 на модифицированном топливе при уменьшении нагрузки на номинальном режиме возрастает склонность выхода дизеля на режим повышенной частоты вращения. Результатом этого стала рекомендация об изменении настройки корректора регулятора частоты вращения и величины цикловой подачи топлива на режиме максимальной частоты враще-

ния холостого хода. Изменение состоит в увеличении жесткости пружины за счет затяжки регулировочного винта и изменении установки винта упора регулятора. Данная операция ведет к снижению цикловой подачи при работе двигателя на номинальном и режиме максимальной частоты вращения. Это обеспечивает снижение часового расхода и уменьшает склонность выхода дизеля на режим повышенной частоты вращения при резком уменьшении нагрузки в процессе работы на модифицированном топливе.

Как уже указывалось, ГОСТ 20793–2009 не предусматривается проверка величины цикловой подачи топлива в рамках проведения ТО-3. Подобная операция также не содержится, напри-

мер, в технологических картах ТО энергонасыщенных тракторов типа К-701 [9]. Исследования, проведенные авторами, указывают на наличие однозначной зависимости величины действительной цикловой подачи от развиваемого крутящего момента двигателя (рис. 1). Представленные данные получены на основании испытаний двигателя Д-240 в течение 60 моточасов наработки и в результате многократных испытаний на внешней скоростной и нагрузочной характеристиках. Данные о величине развиваемого эффективного крутящего момента снимались непосредственно со стенда, о значениях действительной цикловой подачи – получены в результате перерасчета величин часового расхода топлива.

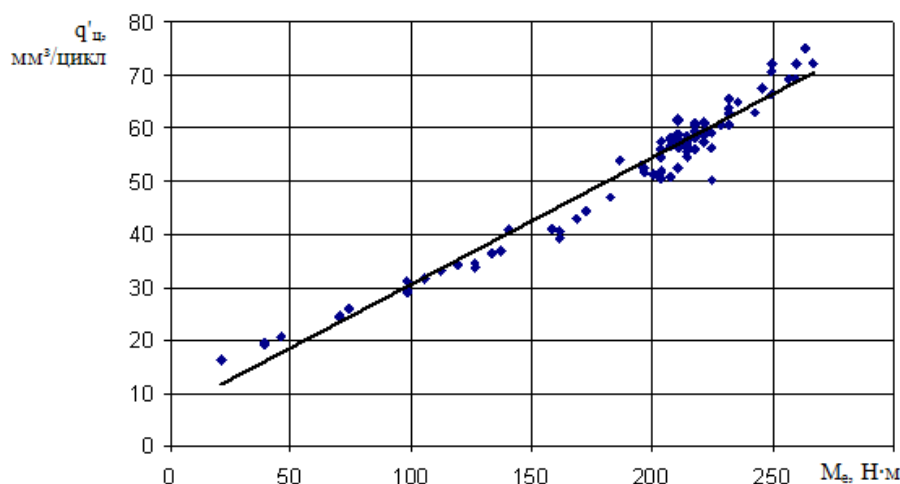


Рис. 1. Зависимость действительной цикловой подачи топлива от развиваемого эффективного крутящего момента дизелем Д-240

Из рис. 1 видно влияние величины действительной цикловой подачи топлива топливной аппаратуры на величину развиваемого эффективного крутящего момента дизеля.

Руководствуясь вышеизложенными результатами исследований, авторы предлагают дополнительно к перечисленным операциям ТО ввести проверку величины цикловой подачи в режиме регуляторной характеристики ТНВД, что дополнительно обеспечит мощностные и топливно-энергетические показатели дизелей. Суть вводимой операции заключается в проверке величины цикловой подачи не только в режиме номинальных оборотов кулачкового вала ТНВД, но и в осуществлении проверки на 4 различных частотах вращения, построении кривой зависимости цикловой подачи от частоты вращения кулачкового вала в режиме регуляторной характеристики.

В соответствии с п. 5.1 ГОСТ 20793–2009, «ТО и машин тракторов следует проводить в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации на конкретную марку машин», т.е. первичной признается НТД на конкретную марку техники. Согласно НТД на тракторы типа МТЗ-82 [10], в перечень операций ТО топливной аппаратуры не входит проверка работоспособности регулятора частоты вращения. Таким образом, разрабатываемая технология ТО топливной аппаратуры применительно к тракторам типа МТЗ-82 может не содержать операций проверки регулятора частоты вращения.

Предлагаемая технология ТО топливной аппаратуры проводится через каждые 1 000 моточасов наработки трактора, т.е. входит в перечень работ, проводимых при ТО-3. Технология включает в себя последовательность работ, указание техни-

ческих требований, применяемого оборудования и инструмента.

Помимо регламентированных операций ТО и предлагаемой проверки величины цикловой подачи топлива предлагается дополнительно ввести в технологию проверку технического состояния плунжерных пар и нагнетательных клапанов.

После снятия комплекта топливной аппаратуры с дизеля проверке подлежат гидроплотность плунжерных пар и работоспособность нагнетательных клапанов. Если в ходе диагностирования выясняется, что один из двух элементов не выдерживает испытаний, ТНВД бракуют и отправляют в ремонт. Если плунжерные пары и нагнетательные клапаны всех секций насоса выдерживают испытания, проверке подлежат форсунки. Проверяют давление впрыска, качество распыла топлива и гидроплотность пары «игла – распылитель», заключающуюся в отсутствии подтеканий топлива после впрыска. В операции проверки работоспособности ТПН входят проверка максимально развиваемого давления и герметичности впускного и нагнетательного клапанов. После проверки ТПН проверке подлежат параметры геометрических и действительных углов впрыска ТНВД. Предпочтение отдается проверке действительного угла. Регулировка на величину и равно-

мерность подачи осуществляется на завершающем этапе испытаний.

Исследования, проведенные для отремонтированных комплектов ТНВД модели УТН для двигателя Д-240, позволили оптимизировать порядок регулировки неравномерности цикловой подачи. Было выявлено, что целесообразно проводить регулировку равномерности подачи по критерию трудоемкости в диапазоне частоты вращения кулачкового вала ТНВД в пределах 600–800 мин⁻¹ [11].

Для реализации разработанной технологии ТО топливной аппаратуры, в том числе для выполнения работ по проверке плунжерных пар, нагнетательных клапанов и форсунок, была разработана опытная мобильная установка СМТА-01 [12] (рис. 2).

Используя научный опыт Башкирского ГАУ, заключающийся в применении стендов для испытаний топливной аппаратуры без использования эталонного оборудования [13] для уменьшения стоимости установки, было решено отказаться от эталонных трубопроводов, форсунок и ТНВД в пользу штатных. Поскольку испытываемая система будет целиком состоять из штатных компонентов (ТПН, ТНВД, трубки высокого давления, форсунки), на точность настройки топливной аппаратуры будет влиять только человеческий фактор.

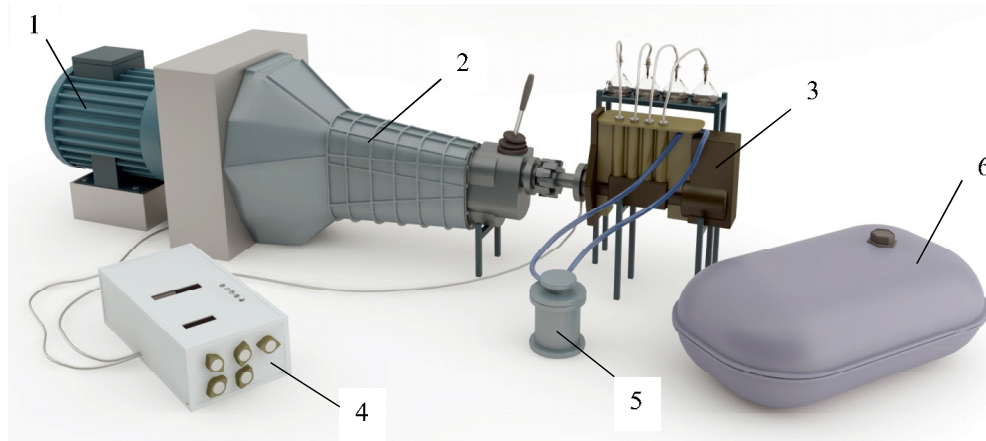


Рис. 2. Опытная установка для ТО топливной аппаратуры, модель СМТА-01:

1 – электродвигатель; 2 – коробка передач; 3 – комплект топливной аппаратуры; 4 – электронный блок; 5 – топливный фильтр; 6 – топливный бак

По сравнению с существующей технологией ТО топливной аппаратуры исключено применение отдельных приборов проверки и регулировки форсунок (например, КИ-562), поскольку все операции проверки и регулировки выполняются на разработанной установке, отсутствует требование наличия контрольного ТНВД, форсунок и трубок высокого давления, замера величины цикловой

подачи ТНВД на 4 режимах регуляторной характеристики для осуществления проверки коррекции цикловой подачи. Для повышения качества проводимого ТО рекомендуется построение графической зависимости цикловой подачи от оборотов кулачкового вала ТНВД на режиме регуляторной характеристики.

Технологическая карта на проверку и регулировку форсунок

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА № 3
Проверка и регулировка форсунок на давление впрыска и качество распыла Общая трудоемкость – 30 чел.-мин Исполнитель – мастер-наладчик
ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, ИНСТРУМЕНТ
Приспособление ПИМ-640–040 для разборки и сборки форсунок, установка СМТА-01 для регулировки топливной аппаратуры, комплект инструмента 5319 для очистки форсунок от нагара, динамометрический ключ, ванна Р-1616А, настольная ванна РП-1621, гаечные ключи 14, 17, 19, 22, 27 мм, отвертка
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ И МЕТОДИКА ИХ ПРОВЕДЕНИЯ
1. Установите в крош테인 комплект штатных форсунок и соедините их с трубками высокого давления, соединив с соответствующими секциями заранее установленного ТНВД. Вместо стандартной трубки высокого давления установите на испытуемую форсунку приспособление для регулировки давления начала впрыска (подачи топлива) из комплекта ЗИП. 2. Соберите схему топливоподачи по стандартной схеме присоединения топливной аппаратуры на двигателе. 3. Включите электропитание установки включением кнопки «Сеть», расположенной на боковой панели прибора ПУиСО-01. 4. Поставьте рычаг рейки ТНВД в положение отключенной подачи при помощи натяжного устройства. Выберите первую передачу в коробке передач. 5. Переключателем на панели ПУиСО-01 выключите ведение счета циклов. Произведите запуск электропривода. 6. Плавным перемещением натяжного устройства на малую величину подачи добейтесь срабатывания воздуха из приспособления. Момент срабатывания стрелки манометра является показателем удаления воздуха из системы. 7. Установите как можно меньшую подачу рейки ТНВД. Стрелка манометра будет постепенно отклоняться от нуля по часовой стрелке. В момент остановки и отклонения стрелки манометра против часовой стрелки фиксируется значение давления впрыска у испытуемой форсунки. 8. При необходимости регулировки откручивается колпак форсунки, ослабляется контргайка крепления регулировочного винта и закручиванием или откручиванием винта обеспечивается регламентируемое давление впрыска.
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ
Регулировку проводите на давление 175 ± 5 бар. Подтекание топлива по разъемам и на носке распылителя не допускается. При плохом качестве распыла разберите форсунку, прочистите сопловые отверстия и промойте, тщательно очистите стыки и разъемы

В таблице представлена часть технологии ТО, разработанной для топливной аппаратуры двигателя Д-240, в числе регламентированных операций, проводимых в рамках ТО-3.

Разработанная технология прошла успешную проверку в 2013 г. на 5 тракторах МТЗ-82 в период посевной и уборочной компаний в учебно-производственном хозяйстве Томского аграрного колледжа.

ВЫВОДЫ

1. Использование модифицированного топлива является перспективным направлением для обеспечения мощностных и топливно-энергетических показателей дизелей.
2. Исследования, проведенные в стендовых условиях на двигателе Д-240, показали, что при работе дизеля на модифицированном топливе

необходимо вносить изменения в параметры регулировки корректора и винта упора регулятора частоты вращения ТНВД.

3. Результаты исследования зависимости действительной цикловой подачи от развиваемого крутящего момента двигателя позволили обосновать введение в состав регламентных работ технического обслуживания топливной аппаратуры, проводимых при ТО-3, проверки величины цикловой подачи.
4. На основании полученных результатов исследования разработана технология технического обслуживания топливной аппаратуры при работе дизеля на модифицированном топливе, содержащая алгоритм работ, комплект технологических карт на выполнение отдельных операций. Для реализации разработанной технологии ТО топливной аппаратуры спроектирована установка СМТА-01.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бацежеев Х.Х., Батыров В.И., Чемазиков М.М. Стабильность параметров топливоподачи тракторных дизелей в эксплуатации // Избр. тр. науч. семинара «Механика». – Нальчик, 2002. – Вып. 1. – С. 153–155.

2. *Технический сервис в АПК Сибири: рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибИМЭ; А.Е. Немцев, А.М. Криков, В.М. Лившиц и др. – Новосибирск, 2004. – 171 с.*
3. *ГОСТ 20793–2009. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – М.: Стандартинформ, 2011. – 23 с.*
4. *ГОСТ 18509–88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 77 с.*
5. *Кривенко П.М., Федосов И.М. Дизельная топливная аппаратура. – М.: Колос, 1970. – 536 с.*
6. *Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справ. – Л.: Машиностроение, 1990. – 345 с.*
7. *Алушкин Т.Е., Аметов В.А., Зубрицкий А.В. Влияние модифицированного топлива на эффективные показатели автотракторного дизеля Д-240 // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Новокузнецк, 2012. – С. 296–299.*
8. *Исследование закономерностей изменения параметров дизелей наземных транспортных средств при работе на модифицированном топливе / В.А. Аметов, Т.Е. Алушкин, А.В. Зубрицкий, Г.В. Маслюков // Совершенствование конструкции, эксплуатации и технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию кафедры «Тракторы и автомобили» ФГБОУ ВПО БашГАУ. – Уфа, 2013. – С. 3–7.*
9. *Криков А.М., Бердникова Р.Г. Информационные модели системы технической диагностики и обслуживания тракторов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2011. – № 5–6. – С. 102–108.*
10. *Тракторы «Беларусь» МТЗ-80, МТЗ-82 и их модификации: руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию / В.Г. Левков, И.Ф. Бруенков и др. – Минск: Ураджай, 1990. – 174 с.*
11. *Алушкин Т.Е., Факеев В.С. Исследование параметров топливной аппаратуры дизелей при снятии регуляторной характеристики // Материалы 58-й науч.-техн. конф. студентов и молодых ученых. – Томск, 2013. – С. 111–114.*
12. *Аметов В.А., Брильков М.Н., Алушкин Т.Е. Модельная установка для испытаний дизельной топливopодводящей аппаратуры автотракторных двигателей // Вестн. КузГТУ. – Кемерово. – 2012. – № 2. – С. 101–104.*
13. *Бетин В.Н. От стендов для регулирования ТНВД к стендам для регулирования топливной аппаратуры. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.copktb.ru/articles.htm>.*

TECHNOLOGY OF ENGINEERING SERVICE FOR FUEL APPARATUS WHEN PERFORMING ON MODIFIED FUEL

T. E. Alushkin, A. V. Zubritsky, V.A. Ametov

Key words: diesel, fuel apparatus, engineering service

Summary. The paper analyzes the influence of technical conditions deviations in the fuel apparatus of autotractor engines on the indexes of their performance. It shows the prospects of modified fuel application to provide power and fuel-energetic parameters of diesels. To realize the approach proposed it is necessary to design the technology of engineering service for the fuel apparatus. The data are presented on the study in the influence of the modified fuel on power and fuel-energetic indexes of D-240 diesel. The study was carried out under bench-test conditions. The data obtained allowed to work out recommendations how to introduce changes in adjustments of the fuel apparatus. Based on the recommendations and analysis of normative-technical reference information the technology for fuel apparatus engineering service is designed. The article contains general description of the technology designed and a detailed technological map for a separate operation. The information for the pilot equipment designed is provided to carry on the production appraisal of the technology.