

2. Данное исследование поможет в будущем правильно интерпретировать результаты диагностируемых дизельных двигателей и, возможно, поспособствует разработке системных комплексов, которые, благодаря данному исследованию, смогут в автоматическом режиме диагностировать неисправности топливных систем.

#### **Список использованных источников**

1. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники: монография / В.П. Миклуш [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2019. – 392 с.

2. Тышкевич, Л.Н. Анализ методов и средств для диагностирования форсунок системы питания «COMMON RAIL» // Л.Н. Тышкевич, Б.В. Журавский. – NovaInfo.Ru – №65, 2017 г. – С. 22–26.

3. Электронное управление дизельными двигателями : учебное пособие. Перевод с английского / ЗАО «Легион-Автодата». – М., 2010. – 96 с., с.

4. Габнтов, И.И. Анализ неисправностей электрогидравлических форсунок типа Common Rail /И.И. Габнтов, Валиев А.Р., Вахитов Р.А.// Тракторы и сельхозмашины – 2011. – Вып. №11. – С. 41–43.

5. Сенин, П.В. Методы диагностики дизельной топливной аппаратуры / П.В. Сенин, П.А. Ионов, Е.А. Нуянзин, Д.А. Галин // Сельский механизатор. – М., 2015. – №10. – С. 32–36.

**УДК: 629.113**

### **РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТЕНДА ДД-10-04**

*Студенты – Мухля О.О., магистрант, ФТС*

*Горностаи С.В., 19 рпт, 3 курс, ФТС*

*Научный*

*руководитель – Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Раскрыта сущность модернизации дизельного стенда ДД 10-04 до уровня тестирования на нем насос-форсунок (UIS) и насосных секций (UPS), в том числе дооснащение программно-электронным и программно-аппаратным устройствами (блоками, датчиками); коммуникационными кабелями (питающими, информационными); устройством установки и крепления насос-форсунки на стенде; адаптерами под установку Ч-образных насос-форсунок и PLD-секцией; приводом (механическим и гидравлическим) клапана форсунки; фильтрами для тонкой очистки жидкости перед форсункой, что значительно расширяет функциональные возможности при работе с элементами топливных систем.

**Ключевые слова:** стенд, насос-форсунка, блок управления, система, давление.

В последние десятилетия улучшение топливной экономичности и экологичности автотракторных ДВС решается высокотехнологичной модернизацией их топливных систем [1, 2]. Ведущие производители автотракторных двигателей освоили новое поколение дизельных двигателей, которые оснащены топливными системами с давлениями впрыскивания до 200 МПа и выше и имеют электронное управление [3, 4]. На кафедре «Технологии и организация технического сервиса» УО «БГАТУ» в образовательном процессе использовался стенд для тестирования топливных насосов высокого давления (ТНВД) ДД 10-04, комплектация которого не позволяла осуществлять тестирование насос-форсунок и насосных секций.

Авторами настоящей работы рассмотрены стоимостные и технические показатели предлагаемого на сегодняшний день оборудования для тестирования насос-форсунок дизельных двигателей. Исходя из экономических показателей и возможности самостоятельно конфигурировать компоновку стенда, с целью приобретения практических навыков по оценке технического состояния насос-форсунок предложено решение по модернизации стенда ДД 10-04 с минимальными затратами до уровня тестирования на нем насос-форсунок с внутренним давлением до 270 МПа.

Предложено использовать основное дооснащение к стендам в виде программно-электронного и программно-аппаратного устройств с соответствующими блоками и датчиками (рисунок 1, 2 и 3).

- ноутбук с предустановленным программным обеспечением (лицензионный Windows и прикладным) с flash-дискром;
- комплект розеток, кабелей для электропитания и коммуникаций электронных блоков, ноутбука, электроавтоматов;
- комплект рукавов (шлангов) требуемой длины со штуцерами необходимых размеров для подвода, отвода рабочей жидкости;
- крепежные элементы (болты, шпильки, гайки, прокладки, разъемы и др.) – в количестве, необходимом для установки оборудования на стенд, обеспечения соединений и подключений.



Рисунок 1 – Блок управления типа «ПОТОК-UIS» для управления насос-форсунками и обработкой сигнала оптического датчика (энкодера) (РБ)



Рисунок 2 – Блок измерения производительности насос-форсунок «ПОТОК FM2» (РБ)



Рисунок 3 – CAMBOX Механический блок управления нажатием на насос-форсунку и насосную секцию, с регулируемым ходом нажатия 10-20 мм, в составе с датчиком усилия нажатия LOAD CELL и инкрементальным энкодером (РБ)

Для осуществления модернизации использованы следующие компоненты:

- блок управления типа «ПОТОК-UIS», предназначенный для управления насос-форсунками и обработки оптического энкодера и датчика LOAD CELL, а также для управления основными функциями агрегируемого стенда;
- блок измерения производительности насос-форсунок «ПОТОК FM2»;
- устройство для установки и крепления Ч-образных и с PLD-секцией насос-форсунок (типа КАМБОКС с BOSCH-совместимым кулачком, оптическим энкодером на 2 500 меток и тензометрическим датчиком усилия нажатия LOAD CELL);
- адаптеры для установки, подачи, отвода рабочей жидкости при испытании, проверке наиболее применяемых в современных двигателях насос-форсунок (BOSCH UIS, BOSCH UPS, DELPHI UIS 4pin);
- тринкулярный стереомикроскоп с видеокамерой и возможностью подключения микроскопа к ноутбуку;
- индикатор электронный для измерения размеров деталей насос-форсунки, хода якоря электромагнита с точностью  $\pm 1$  мкм;
- подставка для адаптации со стендом ДД 10-04;
- фильтр-сепаратор для очистки топлива, подводимого к испытываемому компоненту;

Важным обстоятельством в принятии решения была возможность одновременного использования двух методик определения качественных показателей работы насос-форсунок и насосных секций:

а) методика компании BOSCH, где осуществляется определение длительности посадки клапана-золотника с момента активации ВІР (begin of injection period) (рисунок 4);

б) методика компании DELPHI (оборудование HARTRIDGE), где осуществляется определение временных характеристик нарастания внутреннего давления топлива, определение периода создания максимального (пикового) внутреннего давления, с использованием датчика LOAD CELL (рисунок 5);

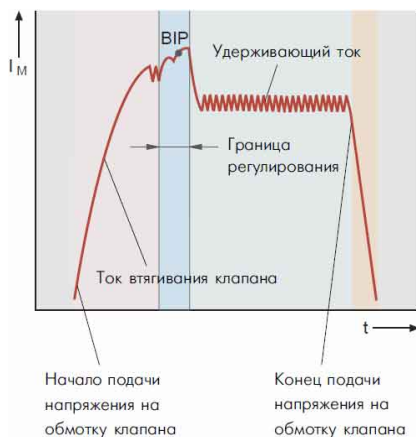


Рисунок 4 – Токвая диаграмма управления насос-форсункой BOSCH с определением времени ВІР ( $I_M$  – ток через обмотку клапана,  $t$  – время, ВІР – момент закрытия клапана)

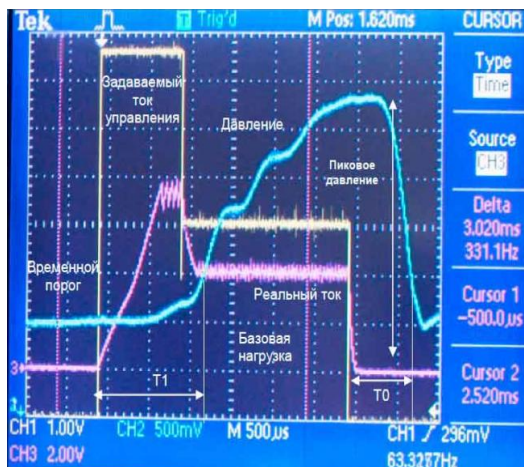


Рисунок 5 – Диаграммы: логического начала активации насос-форсунки с задаваемым током, тока управления насос-форсунки (ток страгивания, ток удержания), изменение внутреннего давления в компоненте (с определением пикового давления)

Приведем краткое описание методик контроля состояния насос-форсунок BOSCH и DELPHI (Hartridge).

Конструктивно насос-форсунки и насосные секции способны создавать высокое давление топлива посредством его сжатия. А к функциям блоков управления впрыском (ЭБУ) относят контроль длительность за-

держки впрыска от начала подъёма плунжера и сжатия топлива в надплунжерном пространстве, и контроль длительности впрыска, путём активации электромагнита. Электромагнит воздействует на золотниковый элемент (анкер), а тот в свою очередь перекрывает (запирает) дренажное отверстие слива. С этого момента начинается создание высокого давления топлива и соответственно впрыск топлива в цилиндр двигателя.

По методике компании BOSCH на мобильной машине и на диагностическом стенде контролируется момент запираания дренажного отверстия. При перемещении и посадке (запирании) анкера происходит электромагнитное токовое возмущение, момент которого, в соответствии с границами регулирования, ЭБУ определяет, как начало процесса создания давления топлива и далее уже ведёт расчёт длительности впрыска, опираясь на полученное значение.

По методике компании DELPHI (Hartridge) на стенде, благодаря наличию тензометрического датчика LOAD CELL, происходит измерение изменения внутреннего давления топлива в соответствии с моментами задержки и активации впрыска. Также по диаграммам внутреннего давления топлива и их положению относительно контрольных точек давления, происходит кодирование насос-форсунок и насосных секций, с последующим прописыванием, полученных на стенде, кодов в ЭБУ ДВС.

Также предложено установить в модернизированный стенд датчик давления топлива BOSCH на 270 Мпа (для определения пикового давления при тестировании систем с насосными секциями).

Описанная выше модернизация позволила достичь увеличения функциональных возможностей при работе с элементами топливных систем без значительных затрат.

Таким образом, в результате опытно-конструкторских работ существенно повышены функциональные возможности стенда, который позволяет:

- тестировать насос-форсунки и насосные секции фирм BOSCH, CATERPILLAR, DELPHI, SIEMENS (VDO), CUMMINS, DETROIT DIESEL;
- измерять частоту вращения электродвигателя стенда;
- измерять угловые перемещения приводного вала с точностью до 0,144 части градуса (около 9 минут);
- управлять частотой и направлением вращения электродвигателя стенда;
- управлять шторкой-завдвижкой перекрывающей подачу тестовой жидкости в мерный бак;
- управлять нагревателем и охладителем тестовой жидкости;
- управлять пускателем топливоподкачивающего насоса (ТПН);
- создавать пользовательские тест-планы для проверки насос-форсунок;
- отображать графики изменения давления;
- формировать отчеты с результатами измерений в диагностической карте и подключиться к ПК.

Проведенная модернизация позволила достичь широкого круга функциональных возможностей при работе с элементами современных топлив-

ных систем без значительных финансовых затрат (в сравнении с новыми диагностическими стендами подобных функциональных возможностей).

#### **Список использованных источников**

1. Тарасенко, В.Е. Анализ топливных систем дизелей с электронным управлением топливоподачей / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 52–57.
2. Тарасенко, В.Е. Повышение надежности и расширение функциональных возможностей диагностического стенда для работы с ТНВД систем Common Rail / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко, В.С. Ивашко [и др.] // Изобретатель. – Минск, 2019. – №7 (235). – С. 44–47.
3. Дизели Д-245.33В, Д-245.253В, Д-245.553В, Д-245.43.33В. Руководство по эксплуатации 2453В – 0000100РЭ / ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод». – Минск: ОГК, 2013 – 243 с.
4. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных двигателей. – М.: Легион-Автодата, 2008.

**УДК: 631.3.02**

### **СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ТРИБОТЕХНОЛОГИИ**

*Студенты – Тит П.С., 19рпт, 3 курс, ФТС  
Горностай С.В., 19рпт, 3 курс, ФТС*

*Научный  
руководитель – Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Изложен анализ современных триботехнических составов, позволяющих существенно влиять на скорость изнашивания ресурсных деталей машин, особо выделена значимость серпентиновых ремонтно-восстановительных трибосоставов.

**Ключевые слова:** трибосостав, серпентинит, поверхность трения, покрытие, обработка, минерал, твердость.

Одной из высокоэффективных технологий, доступных для организаций, эксплуатирующих технику, и в тоже время выгодной с экономической точки зрения, является технология «безразборного ремонта» машин. Эта технология заключается в том, что при введении специальных добавок в масло в узлах трения механизма вместо износа может происходить либо обратный процесс, либо на порядок уменьшится скорость изнашивания ресурсных деталей. При этом на рабочих поверхностях деталей про-