

Рисунок 5 – Ось форточки: 1 – стекло, 2 – резиновая подложка, 3 – рамка форточки, 4 – фиксатор, 5 – шайба пружинная, 6 – гайка М5, 7 – ось.

Далее надеть ручку и зафиксировать ее штатным штифтом.

Восстановленная таким образом форточка сохраняет свой внешний вид, что может быть полезно при реставрации ретро автотехники. Стоимость ремонта, ориентировочно, составила 150 рублей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уазбука [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.uazbuka.info/?model=37&group=25>
2. АВТОмаркет [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://auto-kan.ru/category/61/?page=6>
3. BaZashop.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://www.bazashop.ru/product\\_300532.html](https://www.bazashop.ru/product_300532.html) (дата обращения 9.11.2021)

УДК 629.113

### ЭТАПЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СТЕНДА ДЛЯ РАБОТЫ С ИНЖЕКТОРАМИ АККУМУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ COMMON RAIL

В.Е. Тарасенко, канд. техн. наук, доцент

О.О. Мухля, магистрант

*Белорусский государственный аграрный технический университет*

**Аннотация.** Изложены этапы конструктивных мероприятий, направленных на совершенствование конструкции диагностического стенда ДД 10-01 для работы с инжекторами аккумуляторных систем Common Rail. Модернизация диагностического стенда открыла возможность осуществлять проверку инжекторов с максимальным давлением в топливной рейке до 270 МПа. Разработан и используется специальный адаптер с датчиком давления для тестирования пульсаций давления топлива в различных точках гидравлической схемы стенда. Проведены работы по разводке электрических жгутов управления к системам контроля стенда. Реализованы такие решения, как автоматическое управление оборотами вала привода стенда и направлением его вращения; автоматическая термостабилизация; автоматический отсчёт циклов; автоматическое определение производительности тестируемых инжекторов (используется «Поток FM-8»); автоматическое определение температуры тестовой жидкости по каждому каналу. Модернизированный диагностический стенд с безмензурочным блоком измерения «Поток FM-8» и блоком управления «Поток CR-2» позволяет выполнять проверку и тестирование инжекторов аккумуляторных топливных систем Common Rail автотракторных дизельных двигателей в большом диапазоне их модификаций.

**Ключевые слова:** стенд, двигатель внутреннего сгорания, система питания, инжектор, давление.

Выполнение работ по техническому диагностированию, обслуживанию и ремонту машин невозможно осуществить без специального технологического оборудования, использование которого на сельскохозяйственных предприятиях позволяет облегчить тяжелые и трудоемкие операции, повысить производительность труда и качество выполнения работ, снизить и исключить влияние вредных факторов производства на окружающую среду и здоровье человека. Сегодня необходимы операции своевременного диагностирования составляющих элементов Common Rail (CR), которые помогут своевременно устранить неисправности, такие как слишком большой расход топлива, затрудненный запуск двигателя, падение мощности двигателя и другие [1, 10].

Для диагностирования топливной аппаратуры используют специализированные (безмоторные) стенды, которые, имитируя двигатель, приводят в действие сам топливный насос высокого давления. Предварительно нами был выполнен анализ стендов для тестирования инжекторов автотракторных двигателей.

Безусловно, стенд для испытания и регулировки топливной аппаратуры CR – это самый основной элемент на участке по ремонту топливной аппаратуры и в тоже время это самый дорогостоящий инструмент, находящийся в мастерской и к нему предъявляются жесткие требования. На сегодняшний момент существуют различные модификации и производители данного типа оборудования. От цены в 5 000 у. е. до 150 000 у. е., выбор данного типа оборудования зависит только от целей и задач участка по ремонту топливной аппаратуры. Самый идеальный вариант на сегодняшний момент – это выбор по критерию "цена-качество", срок эксплуатации и срок его окупаемости.

Направления разработок топливной аппаратуры сегодня концентрируются на повышении экономичности дизелей при обеспечении параметров токсичности выхлопных газов в пределах установленных норм [2-10]. Новые разработки все больше удовлетворяют форсированию дизелей по мощности, снижению веса, повышению надежности в эксплуатации. Улучшение топливной экономичности и экологичности автотракторных ДВС решается высокотехнологичной модернизацией их топливных систем [5-6, 10].

На кафедре «Технологии и организация технического сервиса» УО «БГАТУ» в образовательном процессе использовался стенд для тестирования топливных насосов высокого давления (ТНВД) ДД 10-01, который положительно зарекомендовал себя при тестировании ТНВД классов «Евро 0, 1, 2», в части проверки на нём насосов рядных, роторных и распределительных типов. Однако комплектация стенда не позволяла осуществлять тестирование инжекторов аккумуляторной топливной системы Common Rail классов «Евро 3, 4, 5, 6». С целью более глубокого закрепления теоретических знаний, приобретения практических навыков по оценке технического состояния и восстановлению работоспособности форсунок Common Rail дизельных двигателей выполнена модернизация диагностического стенда ДД 10-01. Проведенная модернизация позволила осуществлять проверку инжекторов Common Rail с максимальным давлением в топливной рейке до 270 МПа [10].

В стенд дополнительно установили: тестовый ТНВД, рейл на 3 регулятора и датчик давления топлива (все компоненты с номинальными значениями до 270 МПа); радиатор охлаждения тестовой жидкости; дополнительные фильтры для защиты высокоточной системы измерения от воздействия грязи и металлических частиц, выходящих из испытуемого ТНВД; оптический инкрементальный энкодер (для определения фазы нагнетания секцией ТНВД); топливопроводы; изготовили установочный кронштейн для испытуемого ТНВД.

Также разработан и используется специальный адаптер с датчиком давления для тестирования пульсаций давления топлива в различных точках гидравлической схемы стенда.

Проведены работы по разводке электрических жгутов управления к системам контроля стенда. Реализованы такие решения, как автоматическое управление оборотами стенда и направление его вращения; автоматическая термостабилизация; автоматический отсчёт циклов; автоматическое определение производительности тестируемых инжекторов (используется «Поток FM-8»); автоматическое определение температуры тестовой жидкости по каждому каналу.

Модернизированный диагностический стенд ДД 10-01 с безмензурочным блоком измерения «Поток FM-8» и блоком управления «Поток CR-2» (рис. 1 и 2) позволяет выполнять проверку и тестирование инжекторов аккумуляторных топливных систем Common Rail автотракторных дизельных двигателей в большом диапазоне их модификаций.

Комплектация стенда ДД 10-01 после комплекса опытно-конструкторских работ следующая [10]:

- асинхронный электродвигатель привода АИРМ112М2У3 (мощностью – 7,5 кВт, с частотой вращения 2895 мин<sup>-1</sup>);
- бак (45 л) с установленным на его крышке асинхронным электродвигателем АИР80А4У3 с подкачивающим насосом БГ12-4УХЛ4 и фильтрами;
- нагреватель (1,5 кВт) калибровочного масла в баке (емкостью 45 л);
- система термостабилизации калибровочного масла с 2-мя охладителями (радиатором) и датчиком для контроля температуры калибровочного масла ISO 4113, подаваемого к тестируемому компоненту(-ам) с заданным диапазоном настройки (40+2 °С);
- топливный насос высокого давления (ТНВД) типа CR/CP3S3/R90/20-789S для создания высокого давления топлива в системе;
- безззорная приводная муфта;
- аккумулятор топлива высокого давления с 3-мя клапанами регулировки давления RDS4-22;5V; M18x1.5;2700 BAR (0 281 006 245) и датчиком давления на 270 МПа (0 281 006 246);
- система фильтрации калибровочного масла, состоящая из трех фильтров Bosch 1 457 434 437;
- масло-бензостойкие топливопроводы диаметром 10 мм и 8 мм;
- полугибкие топливопроводы высокого давления топлива «PARKER»;
- блок управления «Поток CR2» для управления стендом, расширитель «Поток DRV» для управления клапанами ZME\*2 канала и DRV\*3 канала, совместно с измерительным блоком «Поток FM-8»;
- защитный экран с блокировкой его открытого состояния.

Определение параметров работы инжектора(-ов) CR производится по заданной программе, состоящей из тест-планов, с возможностью тестирования в ручном или автоматическом режимах.

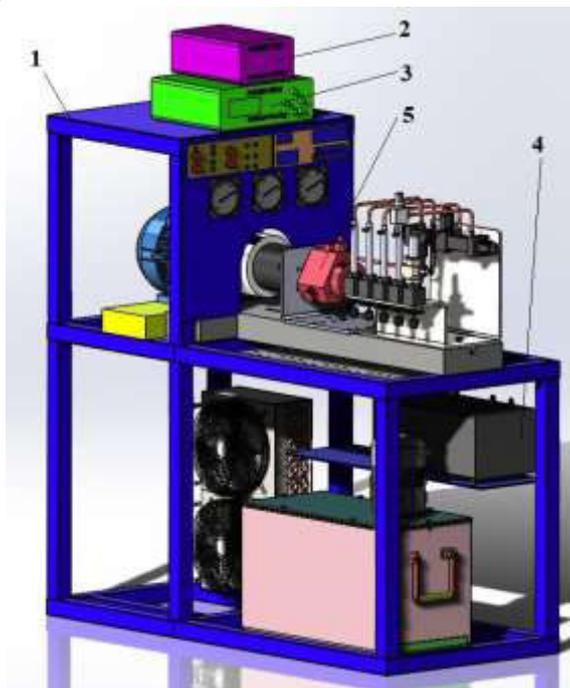


Рисунок 1 - Модернизированный стенд ДД 10-01 (общий вид)

1 – рама; 2 – расширитель «Поток DRV»; 3 – блок управления стендом и компонентами (ТНВД и инжекторы) «Поток CR2»; 4 – безмензурочная измерительная система «Поток FM-8»; 5 – стендовый ТНВД

В результате опытно-конструкторских работ существенно повышены функциональные возможности стенда, который позволяет [10]:

- проверять легковые и грузовые инжекторы CR фирм BOSCH, DENSO, DELPHI, SIEMENS (VDO), PERKINS, CATERPILLAR, L'ORANGE и многих других;
- автоматически переключать напряжение питания (12В/200В) в зависимости от типа проверяемого инжектора CR;
- измерять частоту вращения электродвигателя стенда;
- управлять частотой вращения стенда;
- управлять направлением вращения электродвигателя стенда;
- управлять нагревателем и охладителем тестовой жидкости;
- управлять пускателем топливоподкачивающего насоса (ТПН);
- осуществлять автоматическое, ручное либо внешнее управление созданием высокого давления в топливной рампе;
- обеспечить работу 3-х клапанов DRV и 2-х клапанов ZME;
- создавать пользовательские тест-планы для проверки инжекторов CR с созданием профиля сигнала (напряжение открытия, ток открытия, напряжения удержания, ток удержания, напряжение закрытия и др.);
- отображать графики изменения давления;
- формировать отчеты с результатами измерений в диагностической карте;
- подключиться к ПК.

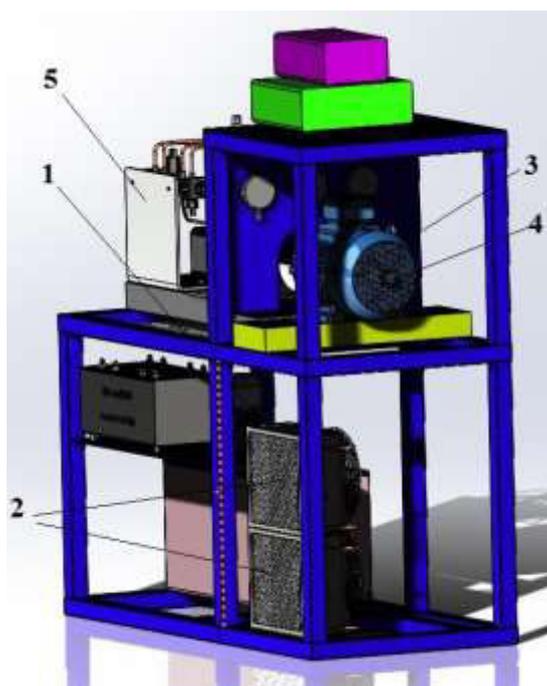


Рисунок 2 - Модернизированный стенд ДД 10-01 (вид слева)

1 – электродвигатель привода питающего насоса; 2 – охладители (радиаторы); 3 – электродвигатель привода ТНВД; 4 – оптический энкодер; 5 – кронштейн-держатель топливной рейки и инжекторов

Модернизированный диагностический стенд ДД 10-01 с безмензурочным блоком измерения «Поток FM-8» и блоком управления «Поток CR2» после завершения работ по наладке имеет вид, приведенный на рис. 3.

Рассмотрим основные функции стенда.

Автоматическое управление оборотами стенда построено на PID-регуляторе и позволяет стабилизировать обороты в диапазоне  $\pm 10 \text{ мин}^{-1}$ .

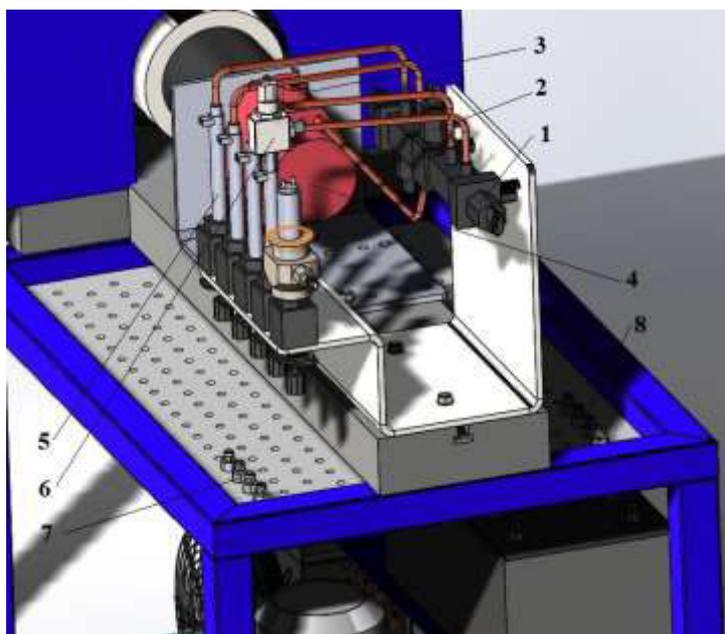


Рисунок 3 - Модернизированный стенд ДД 10-01 (рабочая зона)

1 – регулятор давления топлива DRV; 2 – датчик давления топлива; 3 – регулятор наполнения топлива ZME; 4 – стендовый ТНВД; 5 – тестируемый инжектор; 6 – дополнительный датчик давления топлива; 7,8 – фитинги для подачи топлива к «Поток FM-8»;

Автоматическая термостабилизация позволяет настроить температуру калибровочного масла, подаваемого к испытуемому компоненту с диапазоном гистерезиса  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ . Для более лучшей термостабилизации в стенде имеется 2 активных радиатора охлаждения. Один термостабилизирует жидкость, выходящую из DRV-регуляторов, а второй для общей термостабилизации системы охлаждения калибровочного масла.

Для измерения производительности инжекторов мы выбрали «Поток FM-8». 8-ми каналный измеритель весового типа. Из недостатков следует отметить более долгое получение первых значений наливов инжекторов. Из достоинств: каждый инжектор имеет 2 «персональных» измерительных канала; простота конструкции, что позволят не беспокоиться о загрязнённом топливе, поступающем к каналам измерителя; отсутствие математической зависимости от температуры поступающего калибровочного масла; простота калибровки; простота постгарантийного обслуживания.

Наличие в системе оптического энкодера и дополнительного датчика давления топлива позволяет широко использовать данный стенд в научно-исследовательских целях и получать ответы на вопросы о формировании нестабильных наливов форсунок, пульсаций давления в системе, синхронизации частоты вращения ТНВД с впрыском инжекторов и многих других.

Проведенная модернизация позволила достичь широкого круга функциональных возможностей при работе с элементами аккумуляторных топливных систем без значительных финансовых затрат (в сравнении с новыми диагностическими стендами подобных функциональных возможностей).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнена модернизация диагностического стенда ДД 10-01. В стенд дополнительно установили:

- тестовый ТНВД, рейл на 3 регулятора и датчик давления топлива (все компоненты с номинальными значениями до 270 МПа);
- радиатор охлаждения тестовой жидкости;
- дополнительные фильтры для защиты высокоточной системы измерения от воздействия грязи и металлических частиц, выходящих из испытуемого ТНВД;

– оптический инкрементальный энкодер (для определения фазы нагнетания секцией ТНВД);

– топливопроводы и кронштейн для испытуемого ТНВД.

Разработан и используется специальный адаптер с датчиком давления для тестирования пульсаций давления топлива в различных точках гидравлической схемы стенда. Проведены работы по разводке электрических жгутов управления к системам контроля стенда.

Реализованы такие решения, как автоматическое управление оборотами вала привода стенда и направлением его вращения; автоматическая термостабилизация; автоматический отсчёт циклов; автоматическое определение производительности тестируемых инжекторов (используется «Поток FM-8»); автоматическое определение температуры тестовой жидкости по каждому каналу.

Модернизированный диагностический стенд ДД 10-01 с безмензурочным блоком измерения «Поток FM-8» и блоком управления «Поток CR-2» позволяет выполнять проверку и тестирование инжекторов аккумуляторных топливных систем Common Rail автотракторных дизельных двигателей в большом диапазоне их модификаций.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.
2. 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.
3. Тарасенко, В.Е. Анализ топливных систем дизелей с механическим и электронно-актуаторным 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. 58–64.
4. BOSCH. Системы управления дизельными двигателями / пер. с нем. – М.: ЗАО «КЖИ» «За рулем», 2004.
5. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2004.
6. Файнлейб, Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справочник / Б.Н. Файнлейб. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1990.
7. BOSCH. Dusen und dusenhalter. Technische Beschreibung. – 1995.
8. Janiszewski, T. Elektroniczne układy wtryskowe silników wysokopreżnych / T. Janiszewski, S. Mavrantzas. – WKŁ, Warszawa, 2001.
9. Glockner, M. Digital control of Diesel Engines. Landsberg / M. Glockner, I. Bach // Lech: Verlag moderne industri. – 2003.
10. Мухля, О.О. Повышение надежности и расширение функциональных возможностей стенда ДД-10-01 / О.О. Мухля, В.Н. Бобков, В.Е. Тарасенко // Техсервис-2021: материалы науч.-практич. конф. студентов и магистрантов, Минск, 19-21 мая 2021 г. / Бел. гос. агр. техн. ун-т; редкол. Д.А. Жданко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2021. – С. 22-26.