

Abstract. Experimental studies have been carried out to determine the accuracy and surface roughness during plasma cutting. It is established that plasma cutting can be used instead of machining operations when cutting metal sheets up to 12 mm thick.

УДК 621.437.629

Тарасенко В.Е., кандидат технических наук, доцент;

Жешко А.А., кандидат технических наук, доцент;

Кашко В.М., старший преподаватель;

Мухля О.О., студент

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

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СТЕНДА ДЛЯ РАБОТЫ С ТОПЛИВНЫМИ НАСОСАМИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ COMMON RAIL

***Аннотация.** В статье представлены результаты модернизации диагностического стенда ДД 10-01, а также прочностного расчета приводной конусной полумуфты. Этапы проведенной модернизации в совокупности позволили выполнять проверку и тестирование топливных насосов аккумуляторных систем Common Rail автотракторных дизельных двигателей в большом диапазоне их модификаций.*

Введение. Топливоподающая аппаратура дизеля является определяющей при формировании выходных параметров и характеристик тракторного агрегата. Индикаторные и эффективные показатели дизеля определяются параметрами топливоподающей аппаратуры: цикловой подачей, опережением и продолжительностью впрыска, и законом подачи. Известно, что инерционность и низкое быстроедействие механических средств регулирования частоты вращения топливных насосов оказывают отрицательное воздействие на работу тракторных агрегатов, на их экономические показатели. [1].

Направления разработок топливной аппаратуры сегодня концентрируются на повышении экономичности дизелей при обеспечении параметров токсичности выхлопных газов в пределах установленных норм. Новые разработки все больше удовлетворяют форсированию дизелей по мощности, снижению веса, повышению эксплуатационной надежности [1]. Улучшение топливной экономичности и экологичности автотракторных ДВС решается высокотехнологичной модернизацией их топливных систем [1, 2].

В последние десятилетия ведущие производители автотракторных двигателей освоили новое поколение дизельных двигателей, которые оснащены топливными системами с давлениями впрыскивания 200 МПа и выше и имеют электронное управление. При этом выполнение перспективных экологических нормативов (Tier-3 и выше) возможно лишь с применением аккумуляторной топливной системы Common Rail как наиболее подходящей для дизелей всех экологических классов [3, 5, 7].

Энергетические, экономические и экологические показатели работы дизелей (мощность, удельный расход топлива, величина механических и тепловых нагрузок, надежность и токсичность) в значительной мере зависят от технического состояния топливной аппаратуры.

Для обеспечения оптимальных показателей по расходу топлива, эффективной мощности дизеля и соответствия все более возрастающим требованиям к токсичности отработавших газов, требуется своевременное выполнение работ по диагностике, регулировке и ремонту дизельной топливной аппаратуры.

Основная часть. 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 ТНВД и форсунок 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 ТНВД и топливоподкачивающих насосов (ТПН) Common Rail дизельных двигателей на кафедре

выполнена модернизация диагностического стенда ДД 10-01. Проведенная модернизация позволила осуществлять проверку ТНВД с максимальным давлением в топливной рейке до 180 МПа.

К настоящему времени модернизированный диагностический стенд ДД 10-01М с безмензурочным блоком измерения «Поток PF» и блоком управления «Поток CP» (рисунки 1 и 2) позволяет выполнять проверку и тестирование ТНВД аккумуляторных топливных систем Common Rail автотракторных дизельных двигателей в большом диапазоне их модификаций.

Комплект стенда ДД 10-01М после комплекса опытно-конструкторских работ включает:

- асинхронный электродвигатель привода АИРМ112М2У3 мощностью – 7,5 кВт с частотой вращения 2895 мин⁻¹;
- бак емкостью 45 л с установленным на его крышке асинхронным электродвигателем АИР80А4У3 с подкачивающим насосом БГ12-4УХЛ4 и фильтрами;
- нагреватель калибровочного масла мощностью 1,5 кВт в баке;
- система термостабилизации калибровочного масла с охладителем (радиатором) и датчиком для поддержания температуры в заданных пределах (40°С);
- топливный насос высокого давления (ТНВД) типа CR/CP3S3/R70/20-789S для тестирования;
- безззорная приводная муфта;
- аккумулятор топлива высокого давления с клапаном регулировки давления CR/DPV-PSK/20S (0 281 002 507-390) и датчиком давления 1St/Рс (0 281 006 035);
- система фильтрации калибровочного масла, состоящая из трех фильтров ADC 42358;
- топливопроводы диаметром 8 и 10 мм;
- блок управления «Поток CP» для управления стендом, клапанами ZME*2 канала и DRV*3 канала, совместно с измерительным блоком «Поток PF» с 2-х канальной системой измерения производительности ТНВД (датчики OVAL) и температуры;
- защитный экран с блокировкой его открытого состояния.

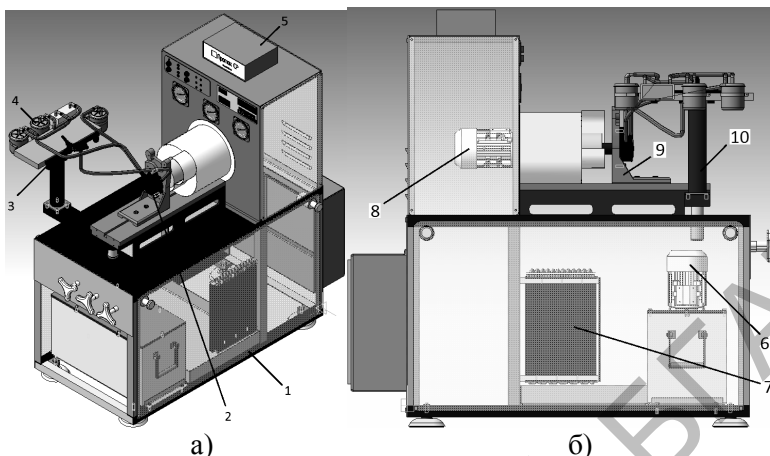


Рисунок 1 - Модернизированный стенд ДД 10-01М:

а – общий вид; б – вид слева;

1 – рама; 2 – топливный насос высокого давления; 3 – аккумулятор топлива высокого давления; 4 – система фильтрации калибровочного масла; 5 – блок управления «Поток СР» для управления стендом; 6 – электродвигатель привода питающего насоса; 7 – охладитель (радиатор); 8 – электродвигатель привода ТНВД; 9 – кронштейн; 10 – стойка

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

Таким образом, в результате опытно-конструкторских работ существенно расширены функциональные возможности стенда. Так, стало возможным выполнять следующие виды работ:

- проверять ТНВД CR фирм BOSCH, DENSO, DELPHI, SIEMENS (VDO);
- автоматически переключать напряжение питания клапанов (12В/24В) в зависимости от типа проверяемого ТНВД;
- измерять частоту вращения электродвигателя стенда;
- управлять частотой вращения стенда;
- управлять направлением вращения электродвигателя стенда;
- управлять шторкой-задвижкой перекрывающей подачу тестовой жидкости в мерный бак;
- управлять нагревателем и охладителем тестовой жидкости;
- управлять пускателем топливоподкачивающего насоса (ТПН);

- осуществлять автоматическое, ручное либо внешнее управление в рампе;
- обеспечивать работу 3-х клапанов DRV и 2-х клапанов ZME;
- создавать пользовательские тест-планы для проверки ТНВД CR;
- отображать графики изменения давления;
- формировать отчеты с результатами измерений в диагностической карте;
- подключаться к ПК.

Расчет приводной конусной полумуфты. При работе станда наиболее нагруженным элементом, требующим проведения прочностных расчетов, является приводная конусная полумуфта, непосредственно передающая крутящий момент на вал топливного насоса от электродвигателя. Нами выполнен прочностной расчет данной полумуфты с учетом того, что мощность, затрачиваемая на вращение муфты, составляет 10 кВт, а частота вращения муфты равняется 2300 мин^{-1} . С учетом геометрических параметров муфты проведено вычисление значений сил, действующих на муфту. Для проведения дальнейших расчетов использовался метод конечных элементов.

Получены следующие результаты расчета:

- эквивалентное напряжение по Мизесу находится в пределах $1163262,9 \dots 40002781,2 \text{ МПа}$;
- коэффициент запаса по текучести $0,000006 \dots 0,000205$;
- коэффициент запаса по прочности $0,000011 \dots 0,000358$.

На рисунках 2 – 5 представлены результаты расчета в системе прочностного анализа [8].

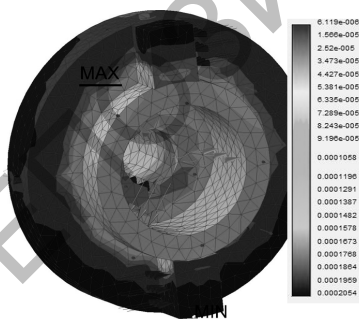


Рисунок 2 – Эквивалентное напряжение по Мизесу [8]

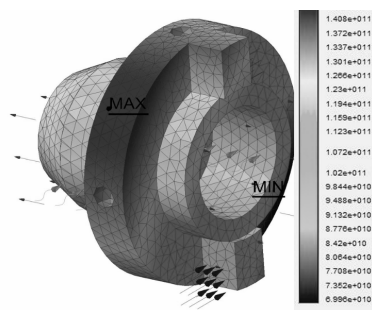


Рисунок 3 – Суммарное линейное перемещение [8]

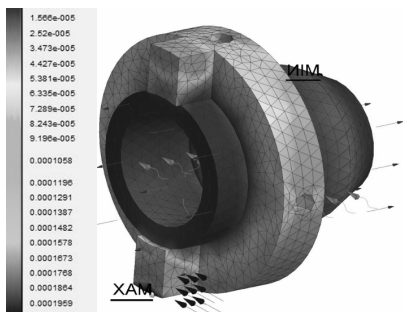


Рисунок 4 – Коэффициент запаса по текучести [8]

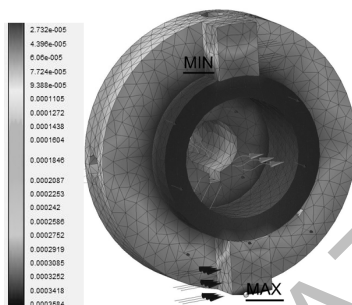


Рисунок 5 – Коэффициент запаса по прочности [8]

Результаты расчета устойчивости: 1-й коэффициент запаса по устойчивости равен 0,000305.

Результаты расчета собственных частот представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета собственных частот

№	Частота [рад/сек]	Частота [Гц]
1	0,007404	0,001178
2	0,009051	0,00144
3	71178,527441	11328,414484
4	75202,647053	11968,873012
5	85084,491303	13541,617371

Результаты расчета, представленные на рисунках 2–5 показывают, что геометрические параметры и прочностные свойства муфты подобраны удовлетворительно. В перспективе при использовании более высоких нагрузок для повышения коэффициентов запаса прочности и текучести необходимо увеличить толщину кольцевого бурта (рисунки 4 и 5).

Проведенная модернизация позволила существенно расширить круг функциональных возможностей стенда при работе с элементами аккумуляторных топливных систем без значительных финансовых затрат.

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. 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.

3. Дизели Д-245.33В, Д-245.233В, Д-245.533В, 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.

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. – 344 с.

6. Кухаренок, Г.М. Пусковые качества дизелей с аккумуляторной системой топливоподачи / Г.М. Кухаренок, А.Н. Марчук, А.Н. Петрученко. – Минск: БНТУ, 2012. – 173 с.

7. Robert Bosch GmbH. Каталог неисправностей для всех типов ТНВД CP BOSCH. 2006. – 29 с.

8. АРМ FEM - Система прочностного анализа для КОМПАС-3D / Руководство Пользователя / Научно-технический центр «Автоматизированное Проектирование Машин», Московская область, г. Королёв, 2015.

Abstract. The article presents the results of the modernization diagnostic stand DD 10-01, as well as the strength calculation of the drive cone half coupling. The stages of the modernization carried out in aggregate made it possible to carry out the inspection and testing of fuel pumps of common rail accumulator systems of automotive diesel engines in a wide range of their modifications.