

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВ

Дидур В.А., д.т.н, проф., **Журавель Д.П.**, к.т.н., доц., **Юдовинский В.Б.**,
к.т.н., доц., **Коломоец В.А.**, инж.

Таврический государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь. Украина

Основным показателем надежности топливной аппаратуры (ТА) является вероятность безотказной работы, которая определяется функциональными отказами, и ресурс (в часах или срок службы в годах или для автомобильной ТА обычно в километрах пробега) определяемый параметрическими отказами. В течении нормируемого ресурса нормальная эксплуатация ТА должна обеспечиваться без отказа основных деталей и выхода за пределы допуска функциональных показателей процесса топливоподачи, восстановление которых невозможно осуществить регулировкой аппаратуры.

В соответствии с требованиями стандартов ресурс ТА тракторных дизелей должен быть не менее ресурса (срока службы) до первого капитального ремонта дизеля. Для форсунок в течение указанного срока допускается замена распылителей. В соответствии с отраслевыми требованиями для тракторных дизелей ресурс насосов высокого давления должен составлять 10000 – 12000 ч, форсунок – 12000 – 18000 ч (распылителей – 6000 ч.), фильтров грубой и тонкой очистки – 12000 – 18000 ч, фильтрующих элементов для насосов с диаметром плунжера до 12 мм – 1500 ч (при коэффициенте фильтруемости используемого топлива не более 2 и перепаде давлений топлива на фильтре не более 0,15 МПа), а для автомобильных дизелей – 500 ч. [1].

Доверительная вероятность обеспечения показателей ресурса R составляет 90%. Показатели безотказности устанавливаются в технических условиях. В соответствии с требованиями для тракторных дизелей и топливных насосов высокого давления наработка на отказ должна быть не менее ресурса дизеля, а вероятность безотказной работы форсунок и фильтров за период ресурса – не менее 0,8. Отдельные узлы и детали ТА, особенно прецизионные элементы, должны удовлетворять специальным требованиям, регламентированными ГОСТ 25708-83 (СЭВ 2406-86).

Ресурс ТА в большей степени зависит от качества работы системы фильтрации топлива. Для топливных систем автотракторных дизелей рекомендуется применение фильтров 1-й и 2-й категории, у которых в соответствии с ГОСТ 14146-88 полнота отсева, обеспечиваемая фильтрами тонкой очистки, должна быть не менее 0,90-0,95 соответственно. Тонкость отсева должна быть не менее 3-5 мкм для насосов распределительного типа и 7-9 мкм для рядных многоплунжерных насосов.

В соответствии с требованиями к ТА тракторных дизелей межрегулируемый период работы топливных насосов должен составлять не менее 4000 ч, а форсунок – 3000 ч. В период межрегулируемого срока изменение цикловой подачи не должно превышать $\pm 4\%$, давления начала впрыскивания форсунки – не менее 6% , пропускной способности форсунок $\pm 4\%$. Специальные требования предъявляются к ТА с учетом целевого использования. В многотопливных двигателях ТА должна обеспечить устойчивую подачу и впрыскивание в цилиндр дизеля топлив различного фракционного состава. В соответствии с ГОСТ 10578-86 топливные насосы должны обеспечить работу дизеля на различных топливах или смесях различных топлив, на которых допустима работа насоса. При этом должны оставаться постоянными мощностные показатели дизеля и обеспечиваться надежная работа ТА. Насосы должны иметь специальное устройство для изменения подачи топлива в условиях эксплуатации при переходе с одного вида топлива на другое.

При переходе с нефтяного дизельного топлива на биологическое топливо растительного происхождения падение массы цикловой подачи на номинальном режиме не должно превышать 5%. Необходимо также осуществлять конструктивные мероприятия по уменьшению проникновения топлива в картер насоса (дренаж просочившегося топлива у плунжерной пары).

Биодизельное топливо в современном понимании представляет собой смешанные в определённой пропорции и по специальной технологии эфиры жирных кислот с минеральным дизельным топливом (ДТ). Пропорции и технология смешивания зависят от физико-химических свойств сырья, из которых производятся эфиры жирных кислот и должны соответствовать требованиям отраслевого стандарта СОУ 24.14.-37-561: 2007. Таким сырьём может быть любая из масличных культур, которых насчитывается в Украине более 10 наименований. Качественные показатели метиловых эфиров растительных масел наиболее распространённых культур по сравнению с показателями минерального дизельного топлива приведены в таблице 1.

Многие фирмы уже приобрели большой опыт использования такого топлива. Однако кроме преимуществ оно обладает и рядом недостатков. Так, например, специалисты фирмы Volkswagen отмечают, что из-за применения биодизельного топлива снижается мощность и надёжность двигателя, выходит из строя ТА, закоксовываются жиклёры форсунок, забиваются топливные фильтры и т.д.

Из всех проблемных вопросов, связанных с использованием биодизельного топлива, наименее изучены те, которые определяют надёжность двигателей энергосредств и эксплуатационных показателей МТА. Их решение возможно путём изучения химмотологических свойств эфиров, а также определения количественного соотношения составляющих биодизельного топлива, при которых достигаются наилучшие показатели МТА[2].

В связи с отсутствием метрологического обеспечения для измерения суммарного износа плунжерных пар топливных насосов высокого давления

наиболее объективным критерием оценки их работоспособного состояния является гидравлическая плотность.

Нами была проведена статистическая оценка гидравлической плотности плунжерных пар рядных ТНВД, в количестве 24 штук, при работе на дизельных топливах нефтяного и биологического происхождения соответственно. Измерения производили с помощью прибора КИ-1640А.

Таблица 1

Показатели качества эфиров жирных кислот согласно

СОУ 24.14-37-561:2007

Показатель	Метилловые эфиры из масел			ДТ ДСТУ 4840:2007
	подсолнечника	клевещины	рапса	
Цетановое число	52	53	48	45
Кинематическая вязкость при температуре 40 ⁰ С, мм ² /с	4,0	5,0	9,0	3,0-6,0
Плотность при температуре 15 ⁰ С, кг/м ³	890	900	920	860 (270 ⁰ С)
Температура вспышки в закрытом тигле, ⁰ С	130	140	135	40
Массовая доля серы, %	0,01	0	0,02	0,05-0,50
Зольность, %	0,01	0,02	0,03	0,01
Содержание воды, %	0,03	0,03	0	0
Кислотное число, мг КОН/г	0,4	0,4	0,5	5 мг КОН/100 см ³
Массовая доля метанола, %	0,2	0,1	-	-
Массовая доля общего глицерина, %	0,25	0,24	0,30	-
Содержание механических примесей	отсутствуют			
Испытание на медной пластине	Выдерживает			

На рисунке 1 представлены прогнозные зависимости 4 и 5 изменения гидравлической плотности плунжерных пар рядных ТНВД от наработки при работе на различных видах дизельного топлива. Кривая 1 характеризует начальные значения распределения гидравлической плотности ($\bar{X}=13,5$ с и $\sigma = 0,5$ с), кривая 2 распределения после наработки 2750 ч на биотопливе ($\bar{X} = 9$ с, и $\sigma = 1,33$ с), а кривая 3 распределения после наработки 4000 ч на нефтяном топливе ($\bar{X}=8$ с, а и $\sigma=1,33$ с).

При гидравлической плотности менее 2 с плунжерные пары выбраковываются, так как не обеспечивают работоспособность топливного насоса.

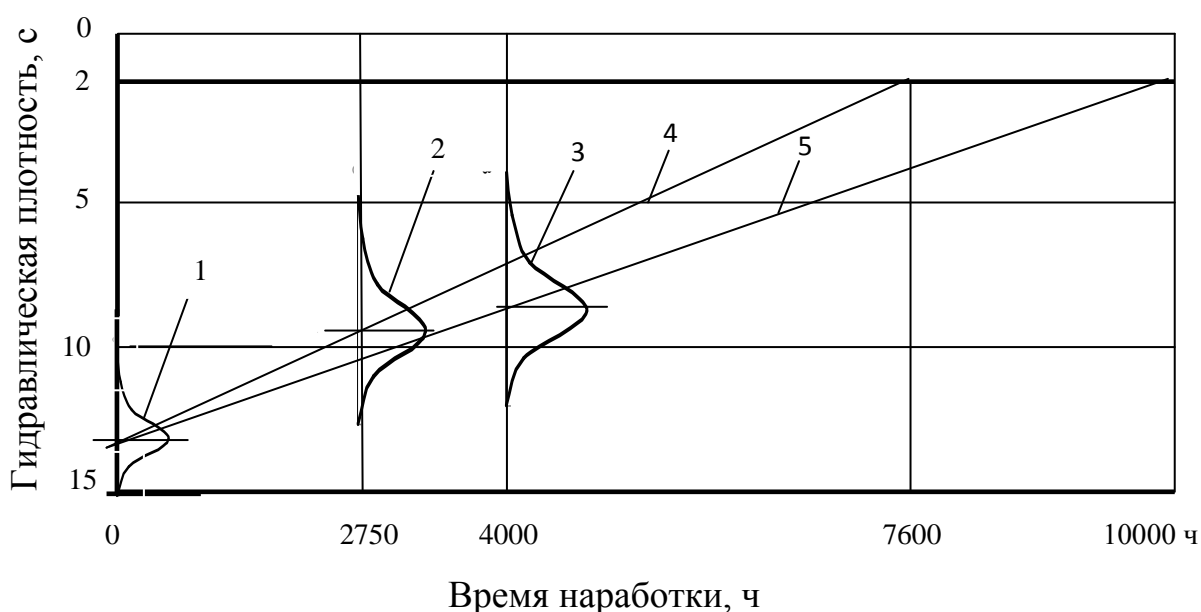


Рис. 1. Прогнозные изменения гидравлической плотности при работе плунжерных пар во времени на различных видах топлива: 1, 2 и 3—распределения гидравлической плотности плунжерных пар: 1-начальный период; 2-при работе на биотопливе; 3- при работе на нефтяном дизельном топливе; 4-прогнозные изменения гидравлической плотности при работе на биотопливе; 5- прогнозные изменения гидравлической плотности при работе на нефтяном дизельном топливе

Из рисунка видно, что ресурс работы плунжерных пар рядных ТНВД при работе на биотопливе снизится на 24%, то есть с 10000 до 7600 часов. Это можно объяснить ускоренным изнашиванием рабочих поверхностей плунжера и втулки за счёт воздействия на поверхностную структуру металлов углеводородных соединений биотоплива, характеризующихся наличием большого количества связанного водорода (меркаптанов).

Величина начальных зазоров в плунжерных парах отечественных рядных насосов находится в пределах 0,8-1,6 мкм, а в насосах распределительного типа НД21/4 – в пределах 0,6-1,6 мкм.

Величина эксплуатационных зазоров достигает до 25 мкм. При рабочей частоте вращения приводного вала и стабилизировавшейся скорости перемещения плунжера такая величина зазоров мало влияет на функциональные характеристики топливного насоса. Однако в пусковом режиме насос не обеспечит необходимого количества подаваемого топлива.

При комплектовании топливного насоса плунжерными парами, имеющими различные зазоры на номинальном режиме работы, за счет регулировки секций может быть получена малая степень неравномерности подачи топлива. Однако на других скоростных режимах и при частичных подачах топлива будет наблюдаться повышенная степень неравномерности подач. Чем меньше зазоры, тем легче обеспечить насос идентичными парами.

Зазоры в плунжерных парах влияют на их гидравлическую плотность. Эта зависимость представлена на рисунке 2.

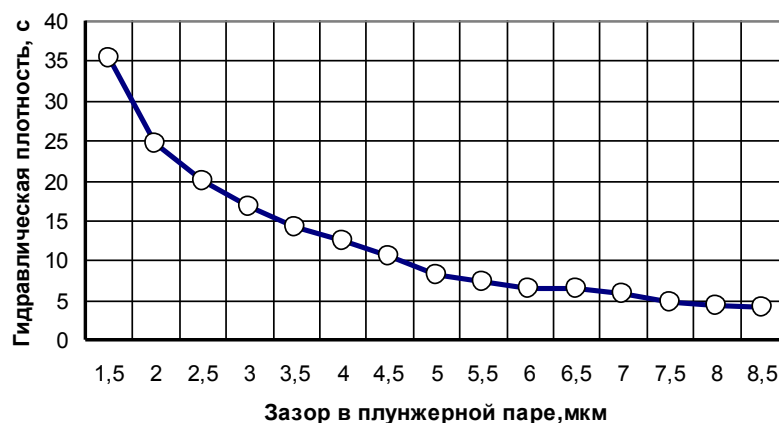


Рис.2. Зависимость гидравлической плотности от зазоров в плунжерной паре

Несмотря на небольшие зазоры в плунжерных парах, плунжер должен свободно (без прихватаываний) перемещаться во втулке, поэтому к геометрической форме прецизионных деталей и чистоте сопрягаемых поверхностей предъявляются высокие требования. Параметры шероховатостей цилиндрических поверхностей $R_a \leq 0,04$ мкм (ГОСТ 2789—73). Допускаемые отклонения от цилиндрической формы должны составлять не более 0,001 мм; некруглость не должна превышать 0,0005 мм, а конусность — 0,0006 мм на длине 20 мм рабочей поверхности плунжера.

Гидравлическая плотность является комплексным показателем технического состояния плунжерных пар ТА.

Для анализа причин изнашивания важно знать характер изменения размеров и формы деталей соединений, поэтому необходимо производить микрометраж.

Нами был произведен микрометраж рабочих поверхностей втулки и плунжера при наработке 2750 ч на биотопливе. Пример круглограмм втулки и плунжера представлены на рисунках 3 и 4.

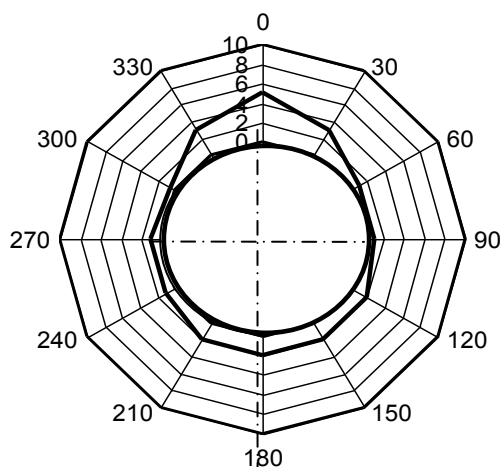


Рис. 3. Круглограмма износа втулки ТНВД при наработке 2750 часов на биотопливе.

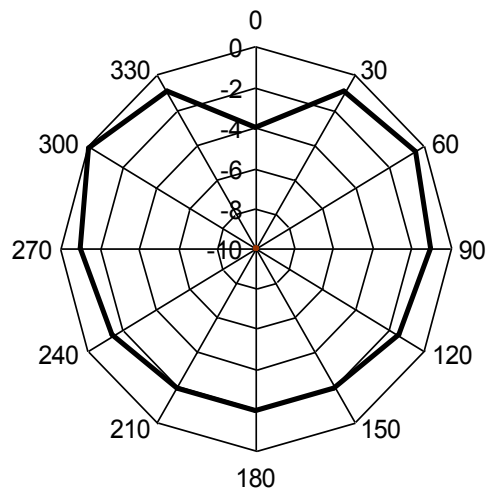


Рис. 4. Круглограмма износа плунжера ТНВД при наработке 2750 часов на биотопливе

На круглограммах износа верхней части втулки (рис.3) и плунжера (рис.4) видно, что некруглость по сравнению с начальной значительно увеличилась. Причём это увеличение наблюдается в сечении на расстоянии 1 мм от торца в зоне впускного отверстия и составляет для втулки в среднем 5 мкм, для плунжера 4 мкм. Эти данные свидетельствуют о недостаточной объективности оценки технического состояния плунжерной пары по их средним зазорам.

Таким образом, при работе дизелей на биотопливе за счет гидроабразивного износа и влияния меркаптанов происходит уменьшение ресурса с 10000 часов до 7600 часов. Наибольший износ деталей соединений плунжерной пары наблюдается в сечении на расстоянии 1 мм от торца.

Литература

1. **Фанлейб Б.Н.** Топливная аппаратура автотракторных дизелей / **Б.Н. Фанлейб** // - *Машиностроение*, 1974, - 263 с.
2. **Особенности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники при использовании биодизельного топлива / В.А. Дидур, В.Т. Надыкто, Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинский** // *Тракторы и сельхозмашины*. - Москва, 2009. Вып 3.- с. 3-6.