

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

Евграфов В.А. Работа и испытание топливных насосов низкого давления
Operation and testing of low-pressure fuel pumps

Евграфов В.А.

д.т.н., профессор кафедры «Техническая эксплуатация технологических машин и оборудования природообустройства» Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева.

Evgrafov V. A.,

doctor of technical Sciences, Professor, Department of Technical operation of technological machines and equipment of nature management, Russian state agrarian University - Timiryazev Moscow agricultural Academy.

Аннотация. Статья является обзорно- исследовательской. Вкратце приведены общее устройство и работа топливного насоса низкого давления и некоторые результаты испытания насосов низкого давления.

Ключевые слова: грубая очистка; тонкая очистка; фильтр; двигатель.

Abstract. The Article is a review and research one. The General design and operation of a low-pressure fuel pump and some test results of low-pressure pumps are briefly presented.

Keywords: coarse cleaning; fine cleaning; filter; engine.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Топливоподкачивающий насос (ТПН) предназначен для преодоления гидравлического сопротивления топливных фильтров и обеспечения равномерной подачи топлива к основному насосу под давлением. В связи с тем, что в топливах, применяемых в дизельных двигателях имеются механические примеси до 0,005 % от объема (ГОСТ 305-82) используются в контуре низкого давления топливные фильтры грубой и тонкой очистки (рис.1 и 3). Одновременно при хранении, транспортировании и заправке в процессе эксплуатации топливо дополнительно загрязняется до 400 г на 1000 кг и в среднем составляет 100 г на 1000 кг. Размер основной массы частиц в топливе составляет до 30мкм и в основном кремнезема. Каждой из фильтров дает дополнительные гидравлические сопротивления, ухудшая просачиваемость топлива в ТСНД. В автотракторных дизелях фильтр грубой очистки (ФГО) используется щелевого типа (пластинчатый и ленточный), обеспечивая удержание относительно крупных частиц (до 70 мкм) и устанавливается перед ТПН. Фильтр грубой очистки топлива на тракторе располагают между топливным баком и подкачивающим насосом рисунок 1. Он разгружает фильтр тонкой очистки (ФТО) и создает условия для надежной работы ТПН, задерживая до 20 % механических примесей и до 60 % влаги, содержащееся в топливах, осаждающаяся

в нижней части корпуса отстойника ФГО. ФГО обладает существенным гидравлическим сопротивлением, определяемый фильтрующим элементами пластинчатого и ленточного типов.

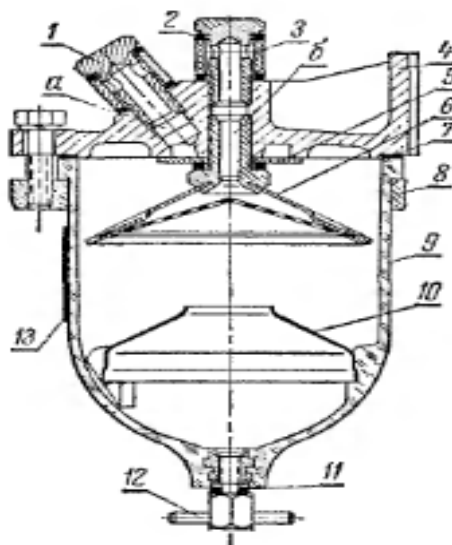


Рисунок 1. Фильтр ФГ-1 дизелей Минского моторного завода (ММЗ)

а - отверстие для подвода топлива, б - канал для отвода топлива.

1-болт поворотного угольника топливопровода, 2, 7- прокладки, 3-защитная втулка, 4-корпус, 5-шайба (распределитель топлива), 6-фильтрующий элемент, 8-нажимное кольцо, 9-стакан, 10-успокоитель, 11-резиновое кольцо, 12-пробка сливного отверстия, 13-инструкционная табличка.

Высокая степень очистки топлива обеспечивается фильтрами тонкой очистки (ФТО), который своим хлопчатобумажным фильтрующим элементом удерживает в себе загрязняющие топливо частицы в контуре низкого давления до 97 %. Эффективность ФТО определяется площадью нагружаемой поверхности. При этом тонкость отсева ФТО с фильтрующим элементом обеспечивается 2-3 мкм частиц. При этом исходное гидравлическое сопротивление ФТО с одним бумажным элементом составляет 0,0025 МПа и наработкой на отказ 1500 мото-ч.

Двухступенчатые фильтры тонкой очистки с параллельно-последовательным включением бумажных фильтрующих элементов имеют лучшие показатели – при расходе дизельного топлива через фильтр в 75 кг/ч отсев загрязняющих частиц составляет 98...99,5 % при сохранении тонкости 2-3 мкм. Следует заметить, что одноточечные ФТО обладает меньшей глубиной фильтрации при работе на существенно загрязненных топливах, а так же при работе на биотопливе. При этом бумажные фильтрующие элементы чаще забиваются, что приводит к резкому возрастанию гидравлических сопротивлений на ФТО от несколько тысячных до десятых долей МПа. В результате разрушается бумага фильтрующего элемента, и топливо часто в дальнейшем не фильтруется. Кроме того, на безотказность работы фильтрующего элемента влияет наличие воды в топливе. В этой связи целесообразно рассмотреть элементы тонкой очистки, из пористого гидрофобного картона, который обладают повышенным качеством фильтрации не хуже бумажных, но является более надежным. Отдельно

гидрофобный картон имеет достаточно высокий коэффициент пористости Ψ_n :

$$\Psi_n = \frac{V_n}{V_0},$$

(1)

где V_n – объем пустот пор; V_0 – общий объем пористой среды.

Известно [1], что эффективная пористость гидрофобного картона составляет порядка 70...75 % при использовании данного фильтрующего элемента отсутствуют критические инерционные потери (рис. 2), которые объясняются несовпадением критического числа Рейнольдса, выше которого начинается турбулентное течение в трубах, что объясняет его практически линейный закон фильтрации.

После грубой очистки топливо дополнительно очищается в фильтрах тонкой очистки. Фильтры тонкой очистки помещают как отдельно, так и в одном корпусе с фильтрами грубой очистки. Фильтры тонкой очистки состоят из одного или нескольких фильтрующих элементов.

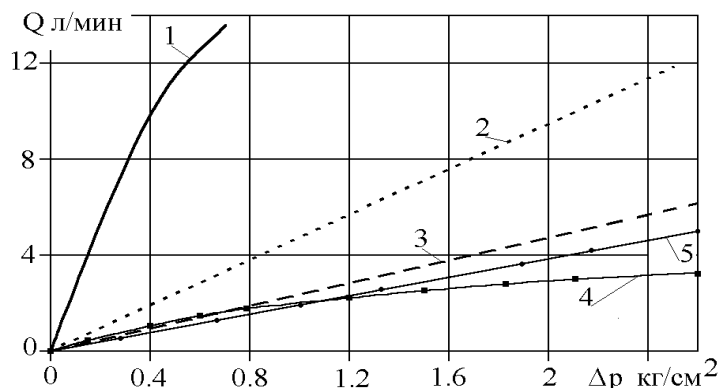


Рисунок 2. Гидравлические характеристики автомобильного ФТО из гидрофобного картона.

1 - чистый, собранный из новых пластин с круглыми картонными прокладками, 2 - после пробега 4 тыс км., 3-чистый, собранный из новых пластин с картонными прокладками, имеющими форму квадрата, 4 - после пробега 8 тыс. км., 5-после пробега 12 тыс. км.

На тракторных дизелях применяют фильтрующие элементы, изготовленные из хлопчатобумажной пряжи или из фильтровальной бумаги. Хлопчатобумажные фильтрующие элементы бывают двух размеров: одни длиной $190^{+1.0}_{-1.0}$ мм., другие, укороченные, длиной $125^{+5.0}_{-1.0}$ мм. Топливо, попадая через канал в корпусе 1 (рис.3) полость колпака 8, продавливается через поры бумаги фильтра-патрона. Этот патрон состоит из фильтрующего элемента 6, выполненного в виде длинного цилиндра из специальной бумаги. Для уменьшения габаритов цилиндр сжат гармошкой, края его завальцованы в крышки, а сверху для защиты от повреждений он покрыт обечайкой из плотного картона с отверстиями. Уплотнение патрона сверху и снизу обеспечивается прокладками и пружиной 9. Вентиль 10 в нижней части корпуса служит для слива отстоя. При сборке весь фильтр стягивают стержнем 2. Между корпусом и колпаком устанавливают прокладку 5.

Топливопроводы низкого давления изготавливают из латунных или тонкостенных стальных трубок, имеющих противокоррозионное покрытие. На некоторых двигателях применяют поливинилхлоридные топливопроводы.

Топливопроводы высокого давления выполнены из стали. Внутренний диаметр их равен 2 мм, наружный - 7 мм. Для предохранения от коррозии наружные поверхности трубок оксидированы.

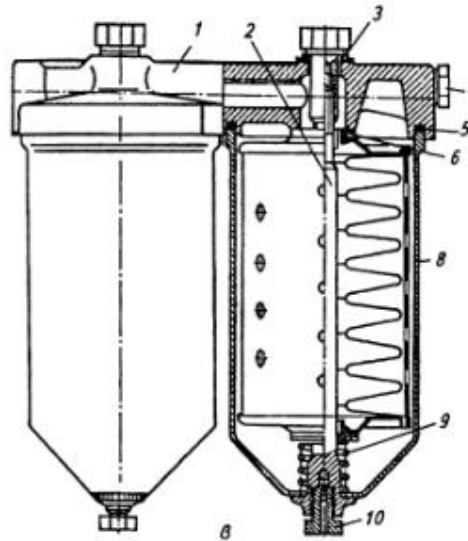


Рисунок 3. Фильтр тонкой очистки с картонным элементом.

1-корпус, 2-стержень, 3-стяжной болт, 4-пробка, 5-прокладка, 6-фильтрующий элемент, 8-колпак, 9-пружина, 10-сливной вентиль.

Трубки заканчиваются конусами, выполненными осадкой конца трубки на специальном приспособлении. Все трубки хорошо подогнаны к штуцерам, поэтому при установке трубок накидные гайки свободно наворачивают рукой на штуцеры насоса и форсунки. Гайки окончательно затягивают ключом. Перед установкой на двигатель все топливные трубки должны быть тщательно промыты в дизельном топливе и хорошо продуты сжатым воздухом. На рисунке 4 представлен исследуемый контур низкого давления системы топливоподдачи автотракторного дизеля. В него входят топливный бак с фильтром предварительной очистки, фильтра грубой очистки (ФГО), фильтр тонкой очистки (ФТО), топливоподкачивающий насос (ТПН), топливный насос высокого давления (ТНВД), перепускной клапан (ПК) ТНВД, топливные магистрали низкого высокого давления.

В топливоподающем контуре низкого давления (рис. 4) топливоподкачивающий насос (ТПН), преодолевает сопротивление топливных магистралей и топливных фильтров и поддерживает избыточное давление P_D на входе в ТНВД. Избыточное давление P_D препятствует выделению растворенного воздуха, способствующей стабилизации условий наполнения надплунжерного пространства и как следствие повышению равномерности условий подачи топлива ТНВД. В целях надежной работы обычный расход Q_k ТПН должен в зависимости от типа топлива превышать в 1,5...2 раза фактический объемный расход топлива ТНВД $Q_{ТНВД}$ на номинальном режиме. Допустимое избыточное давление $[P_D]_{доп}$ порядка (0,1...0,5) МПа должно выбираться из условия полного наполнения надплунжерного пространства ТНВД на всех скоростных режимах ДВС. Одновременно ТПН должен обеспечивать минимальную пульсацию давления в потоке топлива контура низкого давления и стабильную скоростную характеристику по цикловой подаче ТПН, которая должна мало зависеть от вязкости и температуры топлива, обеспечивая повышенную надежность при работе на больших частотах вращения при $n_{ДВ} \geq 2000$ мин⁻¹ и более. Так же ТПН должен обладать кавитационным запасом, так как кавитационные давления приводят к уменьшению подачи и отказом. В связи с тем, что в топливах, применяемых в дизельных двигателях имеются механические примеси до 0,005 % от объема. (ГОСТ 305-82). Одновременно при хранении, транспортировании и заправке в процессе

эксплуатации топливо дополнительно загрязняется до 400 г на 1000 кг. и в среднем составляет 100 г на 1000 кг.

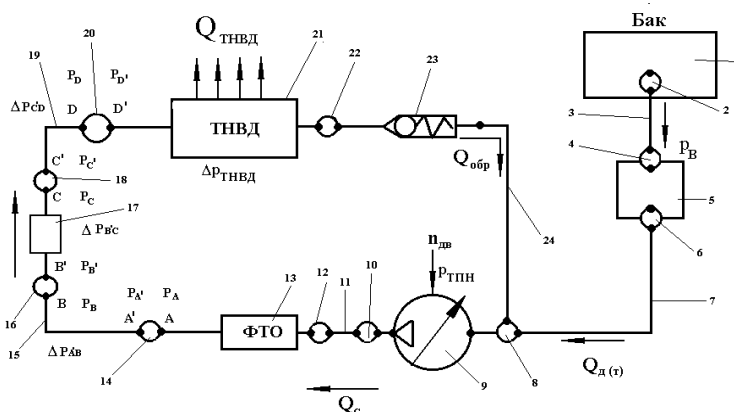


Рисунок 4. Структурная схема топливной системы дизеля

1-топливный бак, 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22 - штуцеры топливной системы низкого давления, 5- Фильтр грубой очистки, 7,11,15,19- магистрали топливной системы, 9- топливоподкачивающий насос, 13- фильтр тонкой очистки, 17- демпфер противоаварийного давления, 21- ТНВД, 23- перепускной клапан, 24- обратная магистраль.

По проведенному анализу приборов, для участия в испытаниях были выбраны датчики КАРАТ-ДИ с пределами измерений от 0 до 10 МПа и КАРАТ-ДИВ, вакуумметрический датчик, с пределами измерений от -1 атм до 100 атм. Для того что бы обработать сигналы, испускаемые датчиками, был выбран аналогово-цифровой преобразователь ВМ-8020 двухканальный, с той целью, что бы лишние каналы не забивали приборную частоту, так как для начала планировалось использовать АЦП ЛА-50 шестнадцатиканальный, и в подключении ВМ-8020 остался проще.

Выводы:

Торировочная характеристика ВМ-8020 совпадает с заводской характеристикой, на основании этого была разработана методика, включающая в себя разбитие всего скоростного диапазона вращения кулачкового вала ТНВД на несколько точек, и на каждой точке был испытан насос низкого давления и определены длительность цикла и продолжительность всех процессов которые протекают внутри насоса низкого давления с производительностью и выявлением скоростной характеристики.

Библиографический список

1. Савельев Г.С., Кочетков М.Н. Расчет параметров топливной системы тракторного дизеля при его адаптации к работе на рапсовом масле // Транспорт на альтернативном топливе. 2009. № 4. С. 60-67.
2. Слепцов О. Н. «Эффективность применения топлив растительного происхождения в АПК», диссертация, канд. техн. наук, - М.: МГАУ, 2007.
3. Тойгамбаев С.К. Испытания двигателей на специальных стендах. ж. Актуальные проблемы современной науки № 5, (84) 2015. г. Москва. с. 163-167.
4. Шнырёв А.П., Тойгамбаев С.К. Основы надёжности транспортных и технологических машин. Учебное пособие для студ. технич. ВУЗов УМО МГУП. Издательская. «Компания Спутник +» 2006, г. Москва. с.102.

5. Тойгамбаев С.К. Применение термодиффузионных процессов для упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной техники. Монография, Рекомендован УМО ВУЗов МГУП. Редакционно-издательский. Отд. МГУП, 2011. г. Москва. с. 156.

6. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении термоциклической диффузионной металлизации. Автореферат на соискание звания кандидата технических наук. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Москва. 2000г.

7. Тойгамбаев С.К. Стенд для обкатки и испытания двигателей. ж. Актуальные проблемы современной науки № 5(78) 2014. г. Москва.с.146-149

8. Тойгамбаев С.К., Шнырёв А.П., Мынжасаров Р.И. Надежность технологических машин. М.: МГУП, 2008. – 202 с.

9. Казимирчук А.Ф., Шнырёв А.П., Тойгамбаев С.К. Флотационная очистка электролитов и СОЖ после механической обработки деталей машин. Актуальные проблемы современной науки № 4(43), 2008, г. Москва с.216-218.

10. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ – 21614.

ж. Техника и технологии № 3 (56), 2013.г. Москва. с. 15-18.