

Evgrafov V. A. Method of testing diesel injectors for fuel atomization

Методика испытаний форсунок дизелей на распыливание топлива.

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.

Евграфов В.А.

д.т.н., профессор кафедры «Техническая эксплуатация технологических машин и оборудования природообустройства» Российский государственный аграрный университет –

МСХА им. К.А. Тимирязева.

***Abstract.** The article presents the results of testing upgraded injectors for alternative fuel, in relation to diesel fuel. Methods of testing the injectors of diesel engines using alternative fuels.*

***Keyword:** energy; fuel; nozzle; pressure.*

***Аннотация.** В статье даны результаты испытания модернизированных форсунок для работы на альтернативном топливе, в соотношении с дизельным топливом. Методика испытаний форсунок дизелей с использованием альтернативных топлив.*

***Ключевые слова:** энергия; топливо; форсунка; давление.*

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

Преобразование химической энергии топлива, поступающего в цилиндр двигателя, в механическую работу должно осуществляться с максимальной экономичностью. Степень преобразования оценивается коэффициентом полезного действия двигателя. Чем выше качество смесеобразования и сгорания, тем выше эффективный коэффициент полезного действия и тем экономичнее двигатель. Причиной создания системы работающей на альтернативном виде топлива послужила необходимость снижения расхода топлива, снижения уровня шума и эмиссии вредных веществ, выводимых с отработанными газами. Основной функцией является управление процессом впрыска дизельного топлива в камеры сгорания двигателя в нужный момент, в требуемом количестве и с необходимым давлением впрыска. Именно от выполнения данной функции зависит плавная и экономичная работа дизеля. Создание экологичного и экономичного дизеля во многом определяется совершенствованием топливной аппаратуры. Так наиболее высокое давление впрыскивания достигается при использовании насос-форсунок (рис.1), что обусловлено значительным сокращением ЛВД. Долгое время практический интерес к насос-форсункам был небольшой, что объяснялось увеличенными габаритами и сложностью организации регулирования механическим всережимным регулятором. Современные насос-форсунки (по

классификации фирмы «BOSCH» UIS - Unit Injector System) оборудованы двухступенчатым электроуправляемым дозирующим клапаном, позволяющим организовать двухступенчатое впрыскивание. Также достоинствами насос-форсунок являются компактность, улучшение стабильности гидравлических функций, благодаря «жесткой» системе высокого давления, возросшая эффективность гидравлики, благодаря снижению объема высокого давления. Индивидуальные топливные насосы с гидроуправляемыми форсунками и двухступенчатыми дозирующими клапанами (по классификации фирмы «BOSCH» UPS - Unit Pump System) являются наиболее простыми электроуправляемыми топливными системами (рис. 1). Основные достоинства ИТН состоят в высокой унификации с традиционной ТПА, и вместе с тем, в возможности получения ступенчатой характеристики впрыскивания. При этом достигается давление впрыскивания до 200 Мпа на сегодняшний день, в условиях российского дизелестроения, ИТН наиболее перспективны. Они разрабатываются и производятся на ЯЗТА - ЯЗДА, Разработкой и производством электроуправляемых дозирующих клапанов занимается ПО «Дизель-автоматика».

Аккумуляторные топливные системы - более высокий качественный уровень в отношении управления процессом подачи топлива и формировании характеристики впрыскивания по сравнению с насос-форсунками и ИТН.

Проведённые расчеты по исследованию влияния геометрии проточной части распылителей форсунок на показатели потока топлива в распылителе и параметры процесса распыливания топлива, обуславливают совершенствование методики определения показателей потока топлива в проточной части распылителей форсунок, обеспечивающих улучшение качества процессов распыливания топлива и смесеобразования. снижение расхода топлива, снижение уровня шума и эмиссии вредных веществ, выводимых с отработанными газами. Способы совершенствования конструкции распылителя (рис. 2). На рисунке 3 в виде графиков показаны результаты расчета топливной струи распылителя форсунки, как для дизельного топлива так и для биотоплива полученного путем смешивания 30% рапсового масла и 70% дизельного топлива.

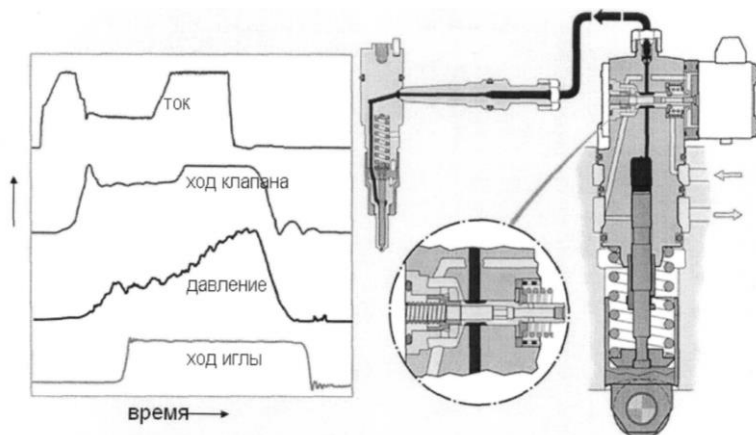


Рисунок 1. ИТН «BOSCH» с электроуправляемым двухфазным клапаном, гидроуправляемой форсункой и мгновенные характеристики работы

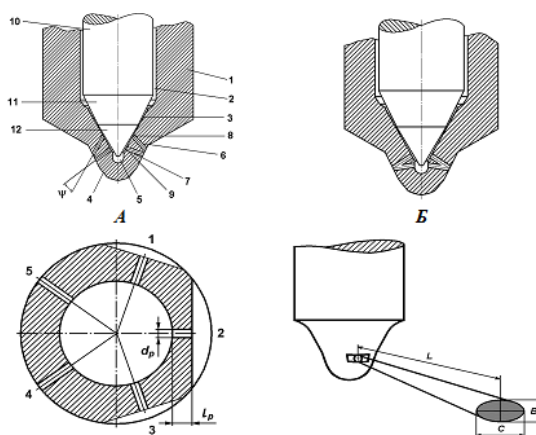


Рисунок 2. Конструктивные варианты распылителей, обеспечивающих совершенствование процесса распыливания топлива

а – с - распыливающими отверстиями, формирующими пересекающиеся струи; *б – с* - пересекающимися распыливающими отверстиями; *в – с* - распыливающими отверстиями различной длины (показано условное сечение носка распылителя по распыливающим каналам); *г – с* - канавками, выполненными на носке распылителя.

Результаты расчетов представленные на рис. 4 показывают заметное расхождение данных по развитию топливной струи, особенно при впрыскивании в воздух при нормальном давлении рис. 4,б. и в период времени $t > 2-3$ с.

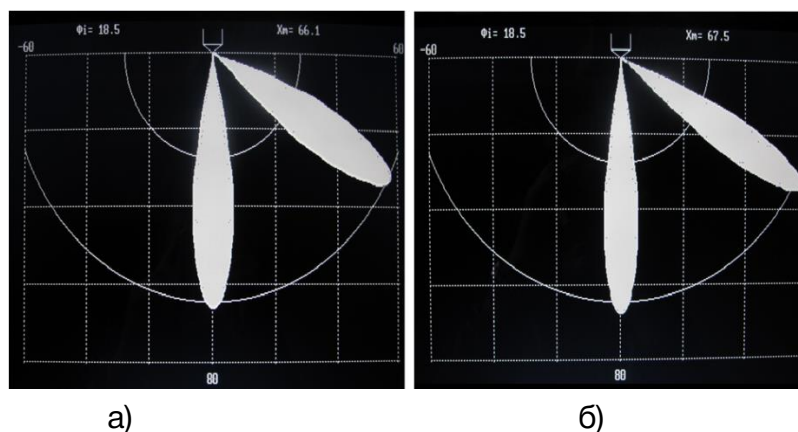
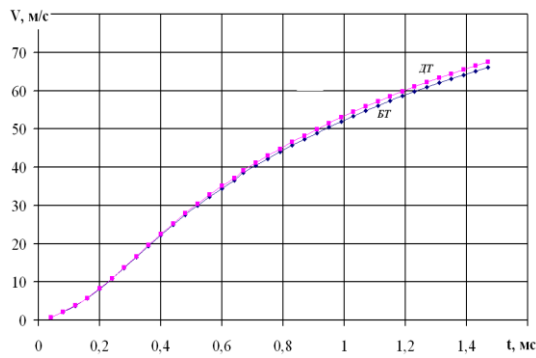
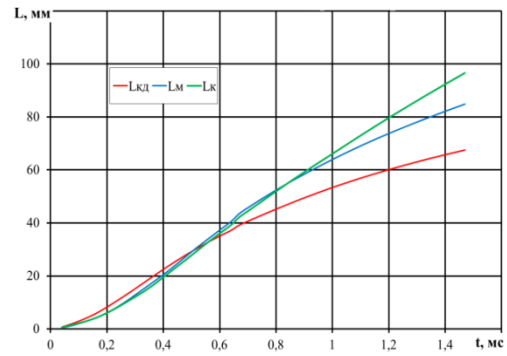


Рисунок 3. Результаты расчета топливной струи распылителя форсунки
 а) - дизельное топливо по ГОСТ 305-82, б) - вязкое растительное биотопливо 30PM / 70ДТ, Φ_i – угол между струей, X_n – длина струи.

Критериальная модель в виде степенного полинома в настоящее время уже не может удовлетворять следующим требованиям, так как получена при исследовании при постоянных расходах и требует осреднения закона подачи, что ограничивает ее применимость особенно для ступенчатых и многофазовых законов подачи.



а)



б)

Рисунок 4. Расчетные значения длины топливной струи L.

1 - расчет по методике Лышевского А.С., 2 - расчет по методике МАДИ.

а - $p_{впр}=26$ МПа, $p_{пр}=100$ кПа, $d_p=0,54$ мм, б - $p_{впр}=26$ МПа, $p_{пр}=1100$ кПа, $d_p=0,23$ мм,

Методика испытаний форсунок на распыливание топлива заключалось в следующем (рис. 5): 1. Делается поверка всего используемого оборудования.

2. Подготавливаются навески топлива то есть дизельное топливо по ГОСТ 305-82 и смесь рапсового масла и дизельного топлива в соотношении 30% РМ и 70% ДТ.

3. При постоянном давлении впрыска делается съемка топливного факела камерой.

Краткое описание математической модели расчетного комплекса:

Дальнобойность топливной струи по критериальной зависимости А.С.

Лышевского имеет вид:

$$L = A \cdot d_p \cdot We^a \cdot Lp^b \cdot E^m / \rho^n,$$

(1)

где We , Lp , E - критерии Вебера, Лапласа и Эйлера соответственно.

Коэффициенты уравнения (1) выбираются в зависимости от относительной

плотности воздуха ρ , определяемой в виде:

$$\rho = \rho_v / \rho_T.$$

(2)

Дальнобойность топливной струи по порционной аэродинамической модели, предложенной в МАДИ, определяется максимальной дальнобойностью порции,

которая имеет вид:

$$L_i = \ln [(H \cdot C_{oi} \cdot (t-1) + 1)] / H,$$

(3)

где C_{oi} - начальная скорость истечения i-ой порции; H - коэффициент, равный $H = c_x \rho / (2 \cdot \xi \cdot d_p^2)$; $c_x = 0,4$ - коэффициент лобового сопротивления i-ой порции капельно-воздушной смеси; $\xi = l_i / f_i = 1,95$ [1/мм] - опытный коэффициент, учитывающий длину l_i и площадь поперечного сечения f_i i-ой порции.

Расчетное текущее значение коэффициента избытка воздуха

$$\alpha_z = \alpha_{zn} + \frac{1 - \alpha_{zn}}{\phi_z} \phi$$

(4)

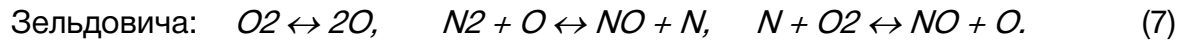
Температура продуктов в зоне сгорания

$$T_{nc} = \frac{\sqrt{B - 4A \left\{ \frac{1-r_{nc}}{r_{nc}} [H_{cm}(T_{cm}) - H_{cm}(T_{cp})] - AT_{cp}^2 - BT_{cp} \right\}} - B}{2 \cdot A} \quad (5)$$

где А и В - коэффициенты уравнения для энтальпии продуктов сгорания вида:

$$H_{nc}(T_{nc}) = A \cdot T_{nc}^2 + B \cdot T_{nc} + C \quad \text{кДж/кМоль} \quad (6)$$

Расчет образования оксидов азота происходит по цепному механизму Я.Б.



Объемная доля оксида азота в продуктах сгорания r_{NO}

$$\frac{dr_{NO}}{d\phi} = \frac{P \cdot 2,333 \cdot 10^7 \cdot e^{-\frac{38020}{T_{nc}}} \cdot r_{N_2eq} \cdot r_{Oeq} \cdot [1 - (\frac{r_{NO}}{r_{NOeq}})^2]}{RT_{nc} (1 + \frac{2346}{T_{nc}} e^{\frac{3365}{T_{nc}}} \cdot \frac{r_{NO}}{r_{O_2eq}})} \cdot \frac{1}{\omega} \quad (8)$$

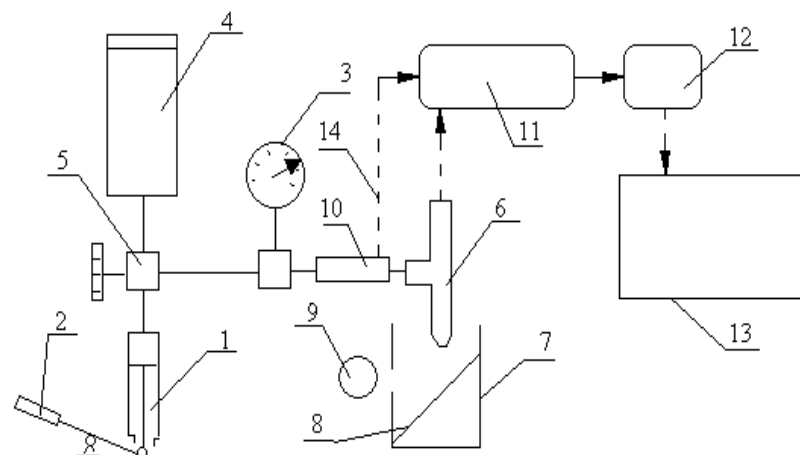


Рисунок 5. Схема испытаний форсунок на распыл топлива.

1-поршень, 2-рычаг, 3-манометр, 4-емкость для топлива, 5-дрозельный кран, 6-испытуемая форсунка. 7-емкость для сбора топлива, 8-зеркальный элемент, 9-камера, 10-топливный аккумулятор, 11-эл. блок. управления с имитатором сигналов, 12-АЦП, 13-компьютер, 14- электропроводка.

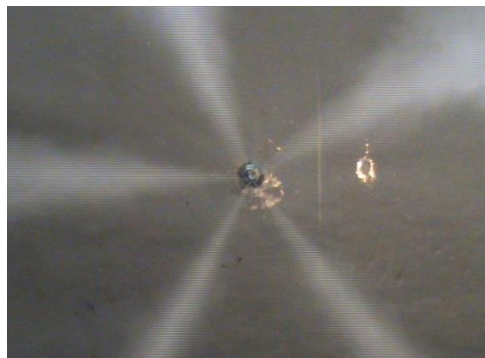


Рисунок 6. Топливная струя дизельного топлива

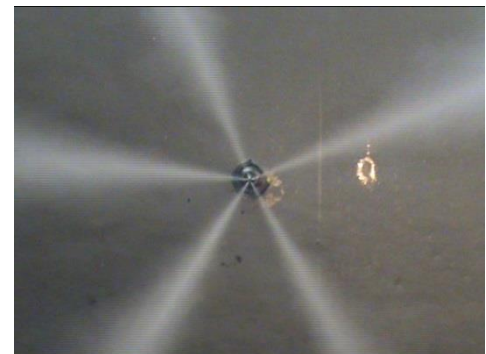


Рисунок 7. Топливная струя биотоплива 30 РМ / 70 ДТ

Вывод.

Проведенные расчетные и экспериментальные исследования показали, что путем совершенствования процессов распыливания топлива и смесеобразования можно обеспечить значительное улучшение показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов транспортного дизеля, работающего на дизельном топливе и биотопливах на основе рапсового масла. Для улучшения качества процесса распыливания топлива предложено несколько вариантов распылителей форсунок с выполненными на хвостовике иглы дополнительными гидравлическими сопротивлениями.

References

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.