

УДК 621.1-1/-9

Ш.В. Бузиков, И.С. Козлов
ИСПЫТАНИЕ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ
ПРИ РАБОТЕ НА СМЕСЯХ С ДОБАВКАМИ РАПСОВОГО МАСЛА

Вятский государственный университет

Одним из перспективных топлив для дизелей является в настоящее время смесевое топливо, получаемое путем смешивания товарного дизельного топлива и рапсового масла. Непосредственное использование рапсового масла в дизелях затруднено из-за различия моторных и физико-химических свойств масла по сравнению с дизельным топливом, что делает весьма актуальной задачей улучшение этих свойств. С целью определения возможности улучшения моторных и физико-химических свойств смесей с добавками рапсового масла для их применения в дизеле проводились сравнительные испытания работы топливной аппаратуры с использованием стенда КИ-22210-02М-11. Моторные и физико-механические свойства смесевое топлива определяли при помощи автоматического анализатора фракционного состава нефтепродуктов АФСА-2, набора ареометров и вискозиметра ВПЖ-2. Анализ полученных зависимостей не показал значительных отличий в работе ТНВД на смесевом топливе по сравнению с чистым ДТ: все показатели работы ТНВД на смесевом топливе соответствовали ТУ. Таким образом, применение смесей дизельного топлива с рапсовым маслом не вызывает отказов в работе топливной аппаратуры дизеля. Незначительный рост гидравлических потерь при работе на смесях, а также снижение ее расчетной теплоты сгорания, могут быть легко компенсированы увеличением активного хода плунжера.

Ключевые слова: топливная аппаратура, испытание, смесевое топливо, рапсовое масло, скоростная характеристика, ТНВД.

Одним из перспективных источников тепловой энергии, используемых в качестве топлива в дизельных двигателях, является в настоящее время смесевое топливо, получаемое путем предварительного смешивания товарного дизельного топлива и растительного масла [1,2]. В качестве растительного масла в смесевом топливе наиболее часто применяются касторовое, пальмовое, подсолнечное, соевое, горчичное, рыжиковое и другие масла [1-3]; наиболее перспективным является топливо с добавками рапсового масла [4]. Непосредственное его использование в дизелях затруднено из-за различия физико-химических свойств масла по сравнению с дизельным топливом [5]. Недостатками рапсового масла по сравнению с дизельным топливом являются высокая вязкость, плохие низкотемпературные свойства, высокая температура воспламенения, повышенная коксуемость, меньшая теплотворная способность [5,6]. Объем и глубина проведенных исследований не позволяют всецело и полностью установить зависимости влияния смесевое топлива с добавками рапсового масла на показатели работы топливной аппаратуры [7,8]. В связи с этим улучшение моторных и физико-химических свойств смесевое топлива с добавками рапсового масла для их применения в качестве альтернативы традиционному дизельному топливу является на сегодняшний день весьма актуальной задачей. Одним из направлений улучшения описанных выше свойств является применение топливных присадок широкого функционального назначения [9].

С целью определения возможности улучшения моторных и физико-химических свойств смесей с добавками рапсового масла на стенде КИ-22210-02М-11 проводились сравнительные испытания работы топливной аппаратуры (рис. 1). Использовались серийные форсунки ФД-22(11) 171-01, устанавливаемые на дизеле 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2), и топливный насос типа 4УТНМ марки 773-40.02. Перед началом испытаний проверялась исправность самого насоса и форсунок (отсутствие заеданий и стуков в насосе и регуляторе

при вращении кулачкового вала, плавность перемещения рейки, отсутствие течей топлива и масла) и правильность их регулировок, включая проверку:

- давления подъема иглы форсунок и качество распыливания;
- давления топлива в головке насоса, равного 0,07...0,12 МПа;
- работы регулятора.



Рис. 1. Стенд для испытания топливной аппаратуры КИ–22210-02М-11

При необходимости значения указанных параметров приводились в соответствие с нормами [10]. Снималась регуляторная характеристика топливного насоса. Параметры процесса топливоподачи определялись и контролировались для всех режимов работы, однако они оптимизировались, прежде всего, для номинального режима, так как на других режимах их удается оптимизировать лишь частично. Необходимым условием сравнительных испытаний работы топливной аппаратуры на ДТ и смесевых топливах являлось одинаковое положение рычага управления регулятором, соответствующее режимам максимальной подачи, частичной нагрузки и близкому к холостому ходу.

В процессе испытаний определялась производительность насосных секций, их цикловая подача. Кроме того, подсчитывался часовой расход смесевого топлива и замерялась его температура в головке ТНВД. Неравномерность подачи по секциям насоса подсчитывалась по известной зависимости [10]. Качество распыливания топлива форсунками оценивалось визуально. При проведении испытаний не допускались:

- местные нагревы до температуры выше + 80°С;
- ненормальные шумы;
- заедание или единичные прихваты плунжера при любых его угловых положениях;
- защемление рейки насоса.

Приготовление смеси дизельного топлива с рапсовым маслом неизбежно сопровождается нарушением однородности и образованием дисперсности топливной среды [11]. Несом-

ненно, присутствие органического рапсового масла растительного приготовления вызовет значительные изменения физико-химических свойств смесевое топлива [11]. Определение влияния указанного обстоятельства на изменение параметров топливоподачи явилось целью проведенных исследований. Важным условием при этом было сохранение фиксированного положения рейки топливного насоса. Определение фракционного состава смеси дизельного топлива с рапсовым маслом проводилось на приборе АФСА-2 (рис. 2).



Рис. 2. Автоматический анализатор фракционного состава нефтепродуктов

Установленные перед испытаниями значения плотности для чистого ДТ: $\rho=0,82 \text{ г/см}^3$ и смеси ДТ с рапсовым маслом с содержанием последнего 25 и 50% практически не отличались друг от друга [12]. Плотность смесевое топлива определялась при помощи ареометров (рис. 3). Вязкость смеси с содержанием рапсового масла 25 и 50% составляла 15,49 и 27,46 ($\times 10^{-6}$) $\text{м}^2/\text{с}$ соответственно. Вязкость чистого ДТ, замеренная на той же температуре (298 К) составляла $3,53 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [13]. Плотность и вязкость смесевое топлива определялась при помощи ареометров и вискозиметра (рис. 3).

При снятии характеристик топливного насоса были использованы смеси, содержащие 25 и 50% рапсового масла соответственно и чистое ДТ. Результаты измерений и обработки данных представлены в табл. 1,2,3.



Рис. 3. Приборы для определения свойств топлива:
а – набор ареометров; б – вискозиметр ВПЖ-2

Таблица 1.
Результаты измерений и обработки данных
при работе на чистом ДТ

№ опыта	n , мин ⁻¹	$n_{ц}$	V_1 , мл	V_2 , мл	V_3 , мл	V_4 , мл	$\sum V_i$, мл	$V_{ср}$, мл	$q_{ц}$, мл/ц	Неравномерность подачи топлива секциями δ , %
1	100	100	19	19	20	20	78	19,50	0,195	5,1
2	300	500	47	47	48	49	191	47,75	0,096	4,2
3	500	500	49	51	50	51	201	50,25	0,101	4,0
4	700	500	61	65	65	65	256	64,00	0,128	6,3
5	900	500	56	56	56	56	224	56,00	0,112	0,0
6	925	500	52	53	51	52	208	52,00	0,104	3,8
7	980	500	32	33	30	33	128	32,00	0,064	9,5
8	1040	500	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2.
Результаты измерений и обработки данных
при работе на смеси состоящей и 75% ДТ и 25% рапсового масла

№ опыта	n , мин ⁻¹	$n_{ц}$	V_1 , мл	V_2 , мл	V_3 , мл	V_4 , мл	$\sum V_i$, мл	$V_{ср}$, мл	$q_{ц}$, мл/ц	Неравномерность подачи топлива секциями δ , %
1	100	100	18	19	20	20	77	19,25	0,193	10,5
2	300	500	45	46	47	53	191	47,75	0,096	16,3
3	500	500	48	49	49	50	196	49,00	0,098	4,1
4	700	500	66	65	65	64	260	65,00	0,130	3,1
5	900	500	57	57	57	57	228	57,00	0,114	0,0
6	925	500	48	49	47	48	192	48,00	0,096	4,2
7	980	500	29	30	28	30	117	29,25	0,059	6,9
8	1040	500	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3.
Результаты измерений и обработки данных
при работе на смеси, состоящей из 50% ДТ и 50% рапсового масла

№ опыта	n , мин ⁻¹	$n_{ц}$	V_1 , мл	V_2 , мл	V_3 , мл	V_4 , мл	$\sum V_i$, мл	$V_{ср}$, мл	$q_{ц}$, мл/ц	Неравномерность подачи топлива секциями δ , %
1	100	100	19	20	21	20	80	20,00	0,200	10,0
2	300	500	44	45	48	53	190	47,50	0,095	18,6
3	500	500	47	47	48	47	189	47,25	0,095	2,1
4	700	500	63	63	64	61	251	62,75	0,126	4,8
5	900	500	55	55	55	54	219	54,75	0,110	1,8
6	925	500	47	48	46	46	187	46,75	0,094	4,3
7	980	500	27	29	27	28	111	27,75	0,056	7,1
8	1040	500	0	0	0	0	0	0	0	0

На рис. 4 приведена скоростная характеристика топливного насоса марки 773-40.02 при включенном регуляторе. Как видно из графика, кривые изменения $q_{ц}$ в режиме максимальной подачи при работе насоса на ДТ и смесях подобны друг другу, в то время как численные значения $q_{ц}$ различны. Так, при работе на чистом ДТ в номинальном режиме $q_{ц}^{ДТ}=0,112$ мл/ц, а при работе на смесях с рапсовым маслом при концентрациях последнего 25% – $q_{ц}^{РМ}=0,114$ мл/ц, 50% – $q_{ц}^{РМ}=0,110$ мл/ц, изменение составляет 2%. При частоте вращения, соответствующей режиму максимального крутящего момента, значение величины цикловой подачи как при работе на ДТ, так и при работе на смесях с рапсовым маслом, составляет около 2%. Аналогичная ситуация и на других частотах вращения. Изменение величины цикловой подачи может быть объяснено изменением гидравлических потерь вследствие изменения вязкости смеси.

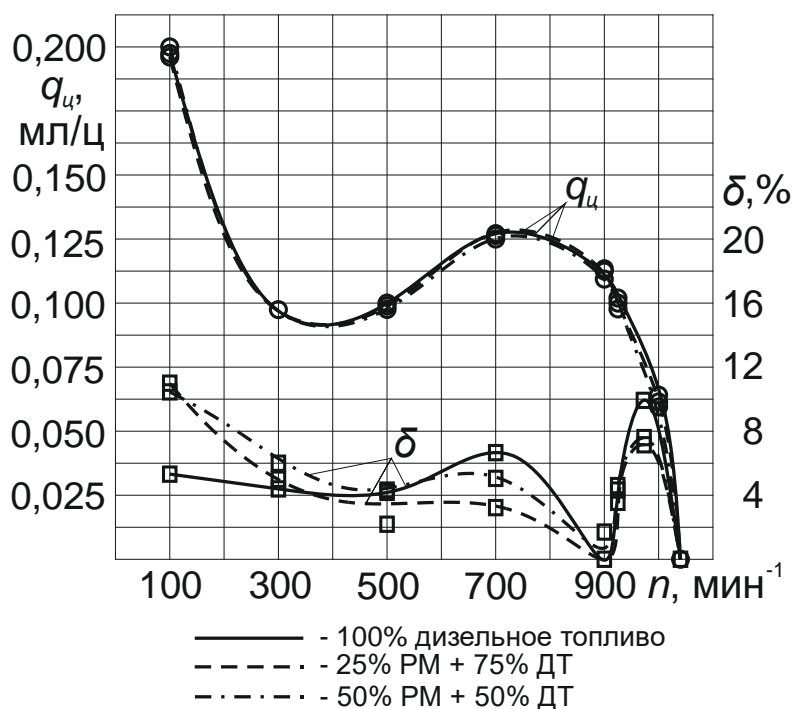


Рис. 4. Скоростная характеристика топливного насоса марки 773-40.02 при включенном регуляторе

При увеличении частоты вращения вала насоса до 980...1040 мин⁻¹ вступает в действие всережимный регулятор, что приводит к снижению $q_{ц}$. При малых подачах насоса, соответствующих режиму холостого хода, характер изменения цикловой подачи подобен соответствующим значениям на номинальном режиме работы. Изменение их значений в случае применения смеси по сравнению с работой на чистом ДТ составляет от 2 до 7%, так как при прочих равных условиях относительный процент гидравлических потерь обратно пропорционален снижению величины цикловой подачи. Неравномерность подачи топлива по секциям насоса, рассчитанная по известной зависимости [10] при применении смесей дизельного топлива с рапсовым маслом для номинального режима составила $\delta=0$ и $\delta=1,8\%$, для режима максимального крутящего момента $\delta=3,1$ и $\delta=4,8\%$, а в режиме холостого хода $\delta=6,9$ и $\delta=7,1\%$ соответственно, что соответствует ТУ на работу топливной аппаратуры. В процессе испытаний не наблюдалось повышенных нагревов деталей топливной аппаратуры, задиров и заклиниваний плунжерных пар и других отказов.

Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что применение смесей дизельного топлива с рапсовым маслом не вызывает отказов в работе топливной аппаратуры дизеля. Наблюдается рост гидравлических потерь и незначительное снижение цикловой подачи. В связи с этим, введение в состав смеси присадок, изменяющих моторные и физико-химические свойства, могло бы снизить гидравлические потери и повысить цикловую подачу.

Библиографический список

1. Федоренко, В.Ф. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения [Текст] / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, И.Г. Голубев, Л.Ю. Коноваленко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 68 с.
2. Федоренко, В.Ф. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе [Текст] / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, И.Г. Голубев, А.П. Ликсутина. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 133 с.
3. Зазуля, А.Н. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей [Текст] / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2013. – 94 с.
4. Федоренко, В.Ф. Использование биологических добавок в дизельное топливо [Текст] / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 50 с.
5. Плотников, С.А. Недостатки применения топлив на основе рапсового масла в дизельных двигателях [Текст] / С.А. Плотников, П.Н. Черемисинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4-1 (15-1). С. 97-101.
6. Карташевич, А.Н. Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле [Текст] / А.Н. Карташевич, С.А. Плотников, В.С. Товстыка // Тракторы и сельхозмашины. 2011. №3. С. 13-16.
7. Голубев, И.Г. Результаты испытания дизелей на смесевом топливе [Текст] / И.Г. Голубев, И.И. Руденко // Труды ГОСНИТИ. Т. 107. №1 2011. С. 72-73.
8. Голубев, И.Г. Работоспособность топливной аппаратуры дизелей на топливе с биодобавками из рапсового масла [Текст] / И.Г. Голубев, И.И. Руденко // Ремонт, восстановление, модернизация. 2012. № 8. С. 53-54.
9. Плотников, С.А. Влияние присадок на кинематическую вязкость топлив на основе рапсового масла [Текст] / С.А. Плотников, П.Н. Черемисинов // В сборнике: Общество, наука, инновации (НПК-2016). – Киров: Вятский государственный университет, 2016. С. 1378-1382.
10. ГОСТ 10578-95 Насосы топливные дизелей. Общие технические условия.
11. Плотников, С.А. Исследование моторных свойств смесей дизельного топлива с рапсовым маслом [Текст] / С.А. Плотников, П.Я. Кантор, И.С. Козлов, М.Н. Втюрина // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2018. № 2 (121). С. 169-174.

12. Плотников, С.А. Исследование моторных свойств рапсового масла [Текст] / С.А. Плотников, Ш.В. Бузиков, И.С. Козлов // В сборнике: Общество, наука, инновации (НПК-2017). – Киров: Вятский государственный университет, 2017. С. 1808-1816.
13. Плотников, С.А., Бузиков Ш.В., Козлов И.С. Разработка методики исследования применимости растительных масел в качестве альтернативного топлива для дизелей [Текст] / С.А. Плотников, Ш.В. Бузиков, И.С. Козлов // В сборнике: Общество, наука, инновации (НПК-2017). – Киров: Вятский государственный университет, 2017. С. 1800-1807.