

2. Малышкин, П. Ю. Влияние отработавших газов дизелей на окружающую среду / П. Ю. Малышкин // Материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых. – Могилев: БРУ, 2011. – С. 155.
3. Звонов, В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В. А. Звонов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
4. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France 2006. – 25 с.
5. Гутаревич, Ю. Ф. Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей / Ю. Ф. Гутаревич. – М.: Транспорт, 1989. – 200 с.
6. Белоусов, В. А. Дымность отработавших газов грузовых автомобилей следующих транзитом через Республику Беларусь / В. А. Белоусов, А. А. Сушнев // Технические вузы – Республика: материалы 52-й междунар. науч.-техн. конф. / БГПА. – Минск, 1997. – Ч. 3. – С. 65.
7. Покровская, С. Ф. Влияние загрязнения воздуха на растения / С. Ф. Покровская; Мин-во сел. хоз-ва, ВНИИ информации и техн.-экон. исследований по сельск. хозву. – М., 1973. – 52 с. (Обзорная информация)
8. Электронная система впрыска газового топлива в дизель: пат. 10060 Респ. Беларусь. МПК F02 М 43/00. / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № u 20130295 заявл. 05.04.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 2 (97).

УДК 621.43.057

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ НА ТОПЛИВАХ С ДОБАВКАМИ РАПСОВОГО МАСЛА

Ш. В. БУЗИКОВ, канд. техн. наук, доцент;
И. С. КОЗЛОВ, аспирант
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Россия

На сегодняшний день одним из перспективных источников тепловой энергии, используемых в качестве топлива в дизельных двигателях, является топливо с добавками растительного масла [1–4]. Непосредственное использование чистого рапсового масла 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]. На сегодняшний день объем и степень исследований не позволяют всецело и полностью установить зависимости влияния добавок рапсового масла на показатели работы топливоподающей аппаратуры [7, 8].

В связи с этим определение оптимальных параметров работы дизельной топливоподающей аппаратуры на топливах с добавками рапсового масла является на сегодняшний день весьма актуальной задачей.

Протекание процессов топливоподачи зависит от многих параметров, режимов работы дизеля и физических свойств топлива. Наиболее простое представление изменения параметров процесса топливоподачи сводится к дифференциальному уравнению:

$$f_{\text{п}}v = \beta V \frac{dp}{dt} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_i, \quad (1)$$

где $f_{\text{п}}$ – площадь проходного сечения плунжера, мм²;

v – скорость движения плунжера, мм/с;

β – истинный коэффициент сжимаемости топлива, Мпа⁻¹;

V – объем системы топливоподачи для одного цилиндра, мм³;

p – давление топлива в системе, МПа;

t – время сжатия топлива, с.

$\sum_{i=1}^{i=n} Q_i$ – суммы расходов топлива, вытекающих из системы, мм³/с.

Анализируя выражение (1), можно сделать вывод о том, что на цикловую подачу одной секцией ТНВД при применении топлив с добавками рапсового масла в значительной степени будет оказывать влияние истинный коэффициент сжимаемости:

$$\beta = -\frac{1}{v} \frac{dV}{dp}. \quad (2)$$

Он, в свою очередь, характеризует величину уменьшения объема применяемого топлива с добавками рапсового масла при воздействии на это топливо давления.

Зная значения истинного коэффициента сжимаемости для чистого дизельного топлива и рапсового масла его с большей долей вероятности для топлив с добавками рапсового масла, можно рассчитать по условию аддитивности:

$$\beta = \beta_{\text{дТ}} \cdot m_{\text{дТ}} + \beta_{\text{рМ}} \cdot m_{\text{рМ}}, \quad (3)$$

где $\beta_{\text{дТ}}$ – истинный коэффициент сжимаемости чистого дизельного топлива, Мпа⁻¹;

$\beta_{\text{рМ}}$ – истинный коэффициент сжимаемости чистого рапсового масла, Мпа⁻¹;

$m_{\text{дТ}}$ – содержание дизельного топлива, %;

$m_{\text{рМ}}$ – содержание рапсового масла, %.

Так как значение истинного коэффициента сжимаемости рапсового масла ниже, чем чистого дизельного топлива это приведет к увеличению давления впрыска, снижению скорости нарастания давления в топливopроводе, более позднему поднятию иглы форсунки и большей неравномерности подачи.

С целью определения оптимальных параметров работы топливopодрующей аппаратуры были проведены сравнительные испытания на стенде КИ-22210-02М-11. В испытаниях применялись 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. Испытания проводились согласно действующей методике [9]. Снималась регуляторная характеристика топливного насоса.

В процессе испытаний определялась производительность насосных секций, их цикловая подача. Кроме того, подсчитывался часовой расход и замерялась его температура в головке ТНВД. Неравномерность подачи по секциям насоса подсчитывалась по известной зависимости [9]. Качество распыливания топлива форсунками оценивалось визуально.

При снятии характеристик топливного насоса использовали чистое ДТ и ДТ с добавками рапсового масла 25 и 50 %. Результаты измерений и обработки данных представлены в таблице.

Результаты измерений и обработки данных

Номер 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 δ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Чистое ДТ										
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
ДТ с добавкой 25 % рапсового масла										
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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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
ДТ с добавкой 50 % рапсового масла										
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

Как видно из таблицы, изменения цикловой подачи в режиме максимальной подачи при работе насоса на ДТ и с добавками рапсового масла подобны друг другу. В то же время численные значения $q_{ц}$ различны. Так, при работе на чистом ДТ в номинальном режиме $q_{ц} = 0,112$ мл/ц, а при работе с добавками рапсового масла 25 % – $q_{ц} = 0,114$ мл/ц, 50 % – $q_{ц} = 0,110$ 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 с добавками рапсового масла составляет около 2 %. То же и на других частотах вращения. Изменение величины цикловой подачи может быть объяснено изменением гидравлических потерь вследствие изменения вязкости топлива. При увеличении частоты вращения валика 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 значений в случае применения топлива с добавками рапсового масла по сравнению с работой на чистом ДТ составляет от 2 до 7 %.

Неравномерность подачи топлива по секциям насоса, рассчитанная по известной зависимости [9] при применении топлива с добавкой рапсового масла 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.

С целью определения регулировочных характеристик тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по установочному углу опережения впрыскивания топлива при его работе на топливах с добавками рапсового масла были проведены стендовые сравнительные испытания в рамках выполнения договора о научно-техническом сотрудничестве, заключенного между ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

Исследования проводились на чистом ДТ, ДТ с добавкой 20 % и 55 % рапсового масла. Топливо предварительно получали путем смешивания массовых долей составляющих, после чего производили заправку тракторного дизеля. Снятие регулировочных характеристик производилось в соответствии с методикой [10]. При использовании топлива с добавками рапсового масла производилась перерегулировка топливного насоса высокого давления (ТНВД) для увеличения цикловой подачи путем изменения активного хода плунжера с целью компенсации уменьшения теплоты, вносимой в тракторный дизель с этим топливом. На рис. 1 показаны графики изменения эффективных показателей тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при различных значениях установочного угла опережения впрыскивания топлива и различных добавках рапсового масла при частоте вращения 1800 мин^{-1} .

Из данных, представленных на графике, (рис. 1) видно, что при работе на чистом дизельном топливе оптимальным установочным углом является угол, равный $\theta_{\text{впр}} = 26^\circ$. При этом эффективная мощность дизеля составляет $N_e = 72 \text{ кВт}$, а значение удельного эффективного расхода топлива $g_e = 228 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$, что соответствует руководству по эксплуатации дизеля [11]. При этом значение эффективного КПД, учитывающего теплотворную способность топлива, также максимально и составляет $\eta_e = 37$ %, значение крутящего момента равно $M_{\text{кр}} = 382 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

При добавках рапсового масла характер кривых изменяется. Так, значения часового расхода топлива G_m увеличивались с $16,4 \text{ кг/ч}$ при работе дизеля на чистом ДТ до $16,8 \text{ кг/ч}$ и $17,6 \text{ кг/ч}$ при добавке рапсового масла 20 % и 55 %, соответственно.

Значения удельного эффективного расхода топлива g_e также возросли и составляли $233 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ и $244 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$, соответственно, при добавке рапсового масла 20 % и 55 %. При этом минимум g_e сдвигался в сторону больших значений установочного угла опережения впрыс-

квивания топлива и составлял $\theta_{\text{впр}} = 27 \dots 28^\circ$ при использовании топлив с добавками рапсового масла 20 % и 55 %.

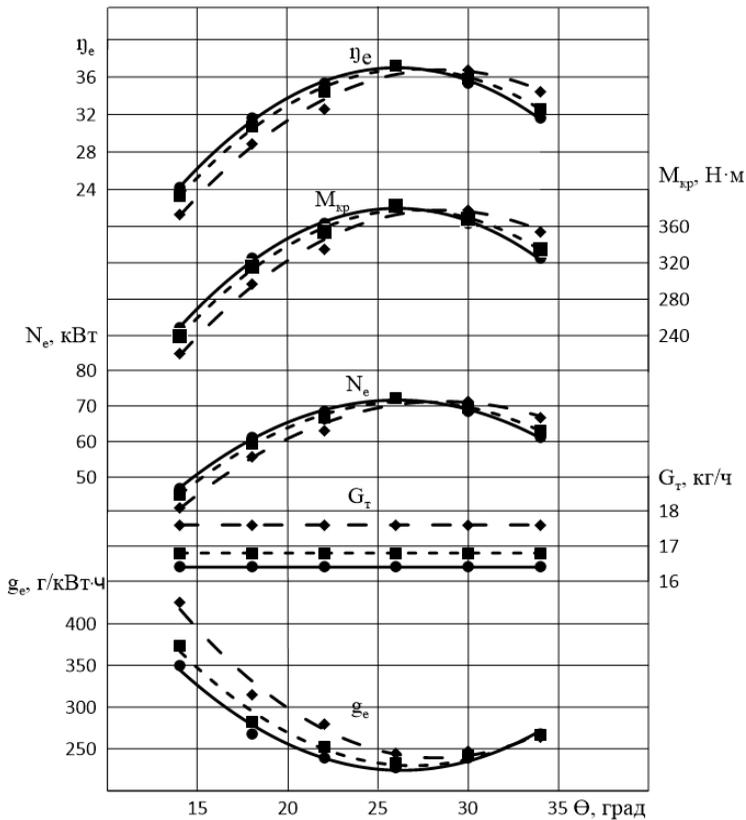


Рис. 1. Регуляционная характеристика тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по установочному углу опережения впрыскивания топлива при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ (эффективные показатели):

- ДТ – 100 %;
- - - - - ДТ – 50 % + РМ – 20 %;
- · - · - ДТ – 45 % + РМ – 55 %

Максимальные значения эффективной мощности, эффективного КПД и крутящего момента также сдвигались в сторону больших значений установочного угла опережения впрыскивания топлива.

Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что применение топлива с добавками рапсового масла приводит к незначительному снижению цикловой подачи и увеличению ее неравномерности, а также установочного угла опережения впрыска топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 68 с.
2. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 133 с.
3. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей / А. Н. Зазуля [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2013. – 94 с.
4. Использование биологических добавок в дизельное топливо / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 50 с.
5. Плотников, С. А. Недостатки применения топлив на основе рапсового масла в дизельных двигателях / 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. Карташев, А. Н. Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А. Н. Карташев, С. А. Плотников, В. С. Товстыга // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 3. – С. 13–16.
7. Голубев, И. Г. Результаты испытания дизелей на смесевом топливе / 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 / И. Г. Голубев, И. И. Руденко // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2012. – № 8. – С. 53–54.
9. ГОСТ 10578-95 Насосы топливные дизелей. Общие технические условия.
10. ГОСТ 18509-88 Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний.
11. Дизели Д-245S2, Д-245.2S2, Д-245.5S2, Д-245.16S2, Д-245.16JS2, Д-245.42S2, Д-245.43S2 // Руководство по эксплуатации 245S2-0000100 РЭ. – С. 112.

УДК 631.311.5

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОВША ЭКСКАВАТОРА-ДРЕНОУКЛАДЧИКА ТИПА ЭТЦ-202

Е. И. МАЖУГИН, канд. техн. наук, доцент;

В. М. ГОРЕЛЬКО, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

Горки, Республика Беларусь

Основной машиной, применяющейся в настоящее время для строительства мелиоративного дренажа, являются экскаваторы-дреноукладчики типа ЭТЦ-202. Они имеют конструктивно одинако-