



УДК 621.436: 665.753.4:62-71
DOI: 10.53083/1996-4277-2024-234-4-93-96

Е.М. Таусенев
E.M. Tausenev

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ТОПЛИВА

ON THE POSSIBILITY OF INCREASING THE POWER OF AN AUTOMOTIVE DIESEL ENGINE WHEN COOLING THE FUEL

Ключевые слова: дизельный двигатель, трактор, мощность, экономичность, топливо, охлаждение, компьютерный эксперимент.

Keywords: diesel engine, tractor, power, efficiency, fuel, cooling, computer experiment.

Исследовали дизель Д-243 (тип 4С 11/12,5), устанавливаемый на сельскохозяйственный трактор БЕЛАРУС-82.1. Исследования проводили на компьютерной модели дизеля, реализованной в специализированном ПО «РК-Дизель». Изменялась температура (Т) топлива в распылителе форсунки в диапазоне от +107 до +30°C, и определялись основные эффективные параметры рабочего процесса модели и связанные с ними показатели: часовой расход топлива (G_f) и его цикловая подача (g_c). Методом компьютерного эксперимента рассчитаны: удельный эффективный расход топлива (g_e); крутящий момент (M_t) и эффективная мощность (N_e); среднее индикаторное (p_i) и эффективное давление (p_e), давление трения (p_{fr}); индикаторный (η_i), эффективный (η_e) и механический КПД (η_m) на номинальном режиме работы дизеля ($n = 2200$ мин.⁻¹). Установлено, что мощность, часовой расход топлива и цикловая подача по мере охлаждения топлива постоянно возрастают. Показано, что при охлаждении топлива, в исследованном интервале температур, мощность (N_e) максимально увеличивается на 17,7%. При этом удельный эффективный расход топлива (g_e) снижается на 1,65 г/(кВт·ч).

The diesel engine D-243 (type 4С 11/12.5) installed on the agricultural tractor Belarus-82.1 was investigated. The research was carried out on a computer model of the diesel engine implemented in the specialized software "RK-Diesel". The temperature (T) of fuel in the atomizer of the injector changed in the range from +107 to +30°C and main, effective parameters of the model operating process and related indices were determined: hourly fuel consumption (G_f) and its cycle supply (g_c). The computer experiment method was used to calculate the following: specific effective fuel consumption (g_e); torque (M_t) and effective power (N_e); average cycle indicator (p_i) and effective pressure (p_e), friction pressure (p_{fr}); also efficiency coefficients: cycle indicator (η_i), effective (η_e) and mechanical (η_m) coefficients at the nominal diesel engine operation mode ($n = 2200$ min⁻¹). It is determined that the power, fuel consumption and cycle feed rate steadily increase as the fuel cools. It is shown that during fuel cooling in the studied temperature range, the power (N_e) maximizes by 17.7%. In this case, the specific effective fuel consumption (g_e) is reduced by 1.65 g/(kW·h).

Таусенев Евгений Михайлович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: tausenev_e_m@bk.ru.

Tausenev Evgeniy Mikhaylovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: tausenev_e_m@bk.ru.

Введение

Дизельные ДВС традиционно являются основными источниками энергии на мобильных машинах в АПК (тракторах, комбайнах, грузовых автомобилях), причем именно тракторы эксплуатируются в наиболее тяжелых условиях. В большинстве аграрных регионов России они работают при колебаниях температуры окружающей среды от -30...-25 до +30...40°C, с переходом через «0» [1]. Топливная аппаратура у типовых тракторов не адаптирована к таким изменениям, поэтому и температура топлива сильно зависит от температуры окружающего воздуха, направления и скорости ветра, режима работы дизеля и пр., стабилизируясь только через 1,0-

1,5 ч работы трактора [2]. Например, в [3] было показано, что летом на тракторе МТЗ-80 с дизелем Д-240 и загрузке, близкой к номинальной, температура топлива в наполнительной полости топливного насоса высокого давления (ТНВД) оказалась равной +78°C при температуре за бортом +23°C, а зимой при -26°C топливо прогрелось до +2°C.

Известно, что дозирование топлива в плунжерной паре ТНВД осуществляется объемным методом, в то время как цикловая порция и часовой расход его в ДВС измеряются по массе. От массы топлива зависят и основные энергетические (эффективные) показатели мотора [4]. С ростом температуры топлива снижаются его

плотность, вязкость, изменяются объем и вес цикловой порции, что приводит к неравномерности топливоподачи, утечкам, повышенным износам, заклиниванию и прочим проблемам в топливной системе. Мощность дизеля по мере роста (Т) топлива может снизиться до 19% [5], несмотря на это зимой топливо иногда требуется подогревать [1].

Подогрев топлива зимой не представляет особых трудностей, а вот его охлаждение летом представляет большой интерес. Поисковые эксперименты такого рода с успехом могут проводиться и на математических (компьютерных) моделях ДВС [6].

Цель работы – исследование изменения основных (эффективных) показателей дизеля типа 4Ч 11/12,5 при охлаждении топлива.

Экспериментальная часть

Объектом исследования являлся атмосферный дизель Д-243 (тип 4Ч 11/12,5), устанавливаемый на колёсные универсально-пропашные тракторы БЕЛАРУС-82.1 и многие другие мобильные машины. Моделирование рабочего процесса дизеля осуществляли в компьютерной программе «РК-Дизель» [7]. Использовали следующие параметры при задании РК-модели (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики дизеля Д-243, использованные при задании его РК-модели

Параметр ДВС	Значение, допуск
Мощность номинальная N_e , кВт	59,6 ^{+3,7}
Диаметр поршня, мм	110
Ход поршня, мм	125
Рабочий объем, л	4,75
Степень сжатия	16
Число клапанов на цилиндр	2
Номинальная частота вращения n_n , мин. ⁻¹	2200
Частота вращения $n_{кр}$ при максимальном крутящем моменте, мин. ⁻¹ , не менее	1600
Коэффициент запаса крутящего момента, %	15 ⁺¹² ₋₇
Удельный расход топлива g_e при N_e , г/кВт·ч	220+3%
Топливная система	рядный ТНВД с механическим регулятором и гидромеханическими форсунками
Система охлаждения	жидкостная

Исследовали стандартное дизельное топливо (EN 590:2009) из библиотеки программы. Температуру топлива в распылителе форсунки (Т) задавали в интервале от 380 К (задаётся программой по умолчанию) до 303 К (т.е. от 107 до 30°С) в специальном поле окна интерфейса «Топливо». Все расчеты проводили для $n_n = 2200$ мин.⁻¹. Принятые допущения, как и метод расчёта (G_f), соответствовали приведенным в работе [8].

Результаты и их обсуждение

Результаты расчетов основных параметров рабочего процесса в разработанной РК-модели дизеля Д-243, в зависимости от температуры (Т), представлены в таблице 2.

Из данных, приведенных в таблице 2, следует, что мощность (N_e), расход топлива (G_f) и цикловая подача (g_c) по мере снижения (Т) постоянно возрастают. Как следствие, растут крутящий момент (M_t) и эффективная мощность (N_e), а удельный расход топлива (g_e) уменьшается. Также можно отметить суммарный рост основных термодинамических и энергетических параметров исследованного ДВС: p_i растет на 14,9%, p_{fr} – на 2,4%, p_e – на 17,69%, η_e – на 0,74%, η_m – на 1,89%, однако при этом индикаторный КПД (η_i) падает на 1,68%.

Таким образом, при охлаждении топлива от +107 до +30°С мощность дизеля (N_e) увеличивается на 17,7% с одновременным уменьшением удельного эффективного расхода топлива (g_e) на 1,65 г/(кВт·ч).

Основные расчетные показатели дизеля Д-243 на номинальном режиме

T, К	+380	+373	+363	+353	+343	+333	+323	+313	+303
G _f , кг/ч	13,50	13,71	14,00	14,30	14,60	14,89	15,18	15,48	15,77
g _c , г	0,0511	0,0519	0,0530	0,0542	0,0553	0,0564	0,0575	0,0586	0,0597
g _e , г/(кВт·ч)	222,58	222,29	222,25	222,26	221,86	221,54	221,28	221,11	220,93
N _e , кВт	60,6	61,6	63,0	64,4	65,8	67,2	68,6	70,0	71,3
M _t , Н·м	263,1	267,6	273,3	279,5	285,7	291,8	297,8	303,7	309,7
p _i , бар	8,511	8,633	8,788	8,956	9,1247	9,2905	9,4550	9,6164	9,779
p _{fr} , бар	1,164	1,166	1,170	1,173	1,1769	1,1808	1,1845	1,1883	1,192
p _e , бар	6,958	7,076	7,227	7,390	7,5539	7,7152	7,8749	8,0318	8,189
η _i	0,4656	0,4649	0,4635	0,4616	0,4612	0,4604	0,4596	0,4587	0,4578
η _e	0,3806	0,3811	0,3811	0,3811	0,3818	0,3824	0,3828	0,3831	0,3834
η _m	0,8567	0,8585	0,8607	0,8630	0,8652	0,8673	0,8693	0,8711	0,8729
ΔN _e , %	0	1,65	3,96	6,27	8,58	10,89	13,20	15,51	17,66
ΔG _f , %	0	1,56	3,71	6,08	8,23	10,38	12,53	14,68	16,83

Примечание. В таблице приведены параметры: температуры (T) топлива в распылителе форсунки; часовой (G_f) и удельный эффективный расход (g_e) топлива, цикловая подача (g_c) топлива; крутящий момент (M_t) и эффективная мощность (N_e); среднее индикаторное (p_i) и эффективное давление (p_e), давление трения (p_{fr}); индикаторный (η_i), эффективный (η_e) и механический КПД (η_m) на номинальном режиме работы дизеля.

Библиографический список

1. Крохта, Г. М. Особенности эксплуатации тракторов в условиях низких температур: монография / Г. М. Крохта. – Новосибирск: Золотой колос, 2017. – 376 с. – Текст: непосредственный.

2. Черняков, А. А. Улучшение показателей работы тракторных дизелей методом термокомпенсации цикловой подачи топлива: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Черняков Александр Александрович; Пензенская гос. с.-х. академия, 05.20.03. – Пенза, 2001. – 178 с. – Текст: непосредственный.

3. Овтов, В. А. Стендовые испытания модернизированного тракторного дизеля / В. А. Овтов, А. А. Орехов, А. В. Поликанов [и др.]. – Текст: непосредственный // Нива Поволжья. – 2021. – № 2 (59). – С. 122-127.

4. Файнлейб, Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справочник / Б. Н. Файнлейб. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 352 с. – Текст: непосредственный.

5. Foster, D.B., Jung, W. (2002). Einfluss der Kraftstoff-Eingangstemperatur auf die Leistungs- und Drehmomentwerte von Dieselmotoren. *MTZ Motortech.* Z 63, 296–301. <https://doi.org/10.1007/BF03226628>.

6. Kuleshov, A.S. (2005). Model for predicting air-fuel mixing, combustion and emissions in DI diesel engines over whole operating range. *SAE*

Technical Paper 2005-01-2119. DOI: 10.4271/2005-01-2119.

7. Программный комплекс «ДИЗЕЛЬ-РК»: официальный сайт. – URL: <https://diesel-rk.ru/Rus/> (дата обращения: 12.02.2024). – Текст: электронный.

8. Таусенев, Е. М. Об установке охладителя топлива на трактор К-744Р2 с дизелем 8481.10 при выполнении ремонтно-обслуживающих работ / Е. М. Таусенев. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 7 (189). – С. 137-145.

References

1. Krokhta, G.M. Osobnosti ekspluatatsii traktorov v usloviakh nizkikh temperatur: monografiia / G.M. Krokhta. – Novosibirsk: Zolotoi kolos, 2017. – 376 s.

2. Cherniakov, A.A. Uluchshenie pokazatelei raboty traktornykh dizelei metodom termokompensatsii tsiklovoi podachi topliva / A.A. Cherniakov; Penzenskaia gos. s.-kh. akademiia, k.t.n., 05.20.03. – Penza, 2001. – 178 s.

3. Ovtov, V.A. Stendovye ispytaniia modernizirovannogo traktornogo dizelia / V.A. Ovtov, A.A. Orekhov, A.V. Polykanov, Iu.V. Polyvianyi, E.P. Shitov // Niva Povolzhia. – 2021. – No. 2 (59). – S. 122-127.

4. Fainleib, B.N. Toplivnaia apparatura avto-traktornykh dizelei: spravochnik / B.N. Fainleib. – Leningrad: Mashinostroenie, 1990. – 352 s.

5. Foster, D.B., Jung, W. (2002). Einfluss der Kraftstoff-Eingangstemperatur auf die Leistungs- und Drehmomentwerte von Dieselmotoren. *MTZ Motortech.* Z 63, 296–301. <https://doi.org/10.1007/BF03226628>.

6. Kuleshov, A.S. (2005). Model for predicting air-fuel mixing, combustion and emissions in DI diesel engines over whole operating range. *SAE Technical Paper* 2005-01-2119. DOI: 10.4271/2005-01-2119.

7. Programmnyi kompleks «DIZEL-RK»: ofitsialnyi sait. – Elektron. resurs. – Rezhim dostupa: <https://diesel-rk.ru/Rus/>. (12.02.2024).

8. Tausenev E.M. Ob ustanovke okhladitel'ia topliva na traktor K-744R2 s dizelem 8481.10 pri vypolnenii remontno-obsluzhivaiushchikh rabot / E.M. Tausenev // *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2020. – No. 7 (189). – S. 137-145.



УДК 631.152.2

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-234-4-96-107

**А.В. Грачев, Е.Н. Неверов,
А.М. Осинцев, К.Б. Плотников**
A.V. Grachev, E.N. Neverov,
A.M. Osintsev, K.B. Plotnikov

СПОСОБ РАБОТЫ МОДУЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕГМЕНТАМИ УЗЛОВ И ОБЪЕКТОВ АПК С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ СОСТОЯНИЯ

METHOD OF OPERATION OF THE MODULE OF THE MANAGEMENT SYSTEM FOR SEGMENTS OF ASSEMBLIES AND OBJECTS OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX USING NEURAL NETWORKS TO PREDICT THEIR CONDITION

Ключевые слова: оборудование агропромышленного комплекса, объекты АПК, сельское хозяйство, нейронные сети, машинное обучение, многослойный персептрон, статистика, прогнозирование, модели, прогнозная оценка.

Задача исследования состоит в анализе применения системы оценки отдельных узлов (объектов оборудования) производства на предприятии АПК. Сложности использования методов прогнозирования заключаются в их временных затратах для получения более точного прогноза. В исследование была поставлена задача – получить допустимую и достаточную точность при использовании нейросети, обученной на малом объеме данных. Нейросети уже неплохо показали себя в разных отраслях, таких как ИТ и сетевые технологии, автопилот. Объект на предприятии АПК – это техническое устройство, нормальная работа которого обеспечивает производственный цикл. Современные произ-

водства требуют цифровизации. Работа оборудования на них должна быть управляема. Но также должна существовать система, позволяющая оценить состояние объекта оборудования. Применение нейросетей, позволяющих извлекать полезную информацию из массивов статистических данных, предоставляет возможность для исследования в области их применения для решения задач управления в АПК. Приведены результаты исследования в области применения нейросетей в АПК для прогноза состояния объекта. Учитывается, что объект является единицей оборудования в производственном цикле, и на него могут влиять внешние факторы, что выражено в одной из характеристик. Результаты оформлены в виде численного показателя состояния объекта на основе данных нейросети. Результаты могут быть использованы как вариант применения современных нейросетей в АПК в работе контрольно-управленческих, диспетчерских задачах. Дальнейшие исследования направлены на изучение