

DOI

УДК 621.43, 631.37

К ФОРМИРОВАНИЮ МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА В СОСТАВЕ МТА ПРИ РАБОТЕ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА

А. А. Глушенко, И. Р. Салахутдинов, А. К. Субаева, М. Н. Калимуллин, Р. М. Латыпов

Реферат. Развитие АПК России предусматривает повышение эффективности функционирования энергетических машин при одновременном снижении энергетических и трудовых затрат. Перспективное направление экономии дизельного топлива (ДТ) и улучшения экологических показателей мобильной сельскохозяйственной техники – использование альтернативного моторного топлива. В современных сельскохозяйственных машинах это будет отражаться, в первую очередь, на параметрах рабочего процесса и его протекания в двигателе, а также на показателях мощности, топливной экономичности и экологичности его работы, что, в той или иной мере, приведет к изменению показателей, характеризующих эксплуатационные свойства машинно-тракторного агрегата (МТА). Функционирование двигателя как модели может быть представлено в виде многоуровневой и многомерной системы, в которой управляющими потоками будут показатели рабочего процесса (эффективная мощность, индикаторное давление, количество поступающего в цилиндры свежего заряда и др.), параметры топливоподачи (цикловая подача, давление впрыскивания топлива, температура топлива и др.), которые зависят от физико-химических и эксплуатационных свойств альтернативного вида топлива. Предлагаемая модель предусматривает определение рационального состава топлива, технических решений по адаптации топливной системы для эффективной подачи альтернативного топлива в цилиндры двигателя с требуемыми показателями, а также определение их влияния на параметры эксплуатационной эффективности работы трактора в составе МТА. Полученные численные значения параметров рабочего процесса дизеля и топливоподачи в зависимости от физико-химических свойств используемого альтернативного топлива позволяют определить показатели эксплуатационных характеристик трактора в составе МТА и оценить эффективность его работы на различных альтернативных видах топлив, в сравнении с использованием нефтяного ДТ.

Ключевые слова: дизель, многопараметрическая модель, параметры рабочего процесса, топливоподача, эксплуатационные показатели трактора.

Введение. На большинстве мобильной сельскохозяйственной техники (тракторы, автомобили, комбайны и др.) в качестве силовой установки используют дизельные двигатели внутреннего сгорания (ДВС), работающие на не возобновляемом нефтяном дизельном топливе (ДТ). При его сгорании отработавшие газы содержат повышенные количества вредных веществ, негативно влияющих на экологическую безопасность людей, животных и растительный мир. Перспективное направление экономии нефтяного ДТ и улучшения экологических показателей мобильной сельскохозяйственной техники – использование новых альтернативных видов топлива. На сегодняшний день известны одно-, двух- и многокомпонентные аналоги горючего топлива, получаемые из сырья животного и растительного происхождения, морепродуктов и синтетических соединений, которые можно использовать как в чистом виде, так и в виде гомогенных смесей с товарным топливом нефтяного происхождения [1, 2].

Использование таких продуктов в ДВС сельскохозяйственных машин будет отражаться, в первую очередь, на параметрах рабочего процесса и его протекании в двигателе, а также на показателях мощности, топливной экономичности, и экологичности работы, что, в той или иной мере, приведет к изменению показателей, характеризующих эксплуатационные свойства машинно-тракторного агрегата (МТА) (погектарный расход топлива, тяговое усилие, производительность, и др.) [3, 4].

Цель исследования – формирование модели, позволяющей определить структуру моделируемой системы и свойства её элементов, установить обоснованные причинно-следственные связи, необходимые для достижения эффективности работы трактора в составе МТА при использовании альтернативных видов топлива.

Условия, материалы и методы. При использовании альтернативного топлива определение взаимосвязи между показателями, характеризующими эксплуатационные свойства МТА и установленного на тракторе двигателя, при одинаковых эксплуатационных режимах работы, может быть проведено на основе информационной модели (рис. 1).

В этом случае входными X (возмущающими) параметрами будут эффективные показатели ДВС (мощность, расход топлива и др.), которые определяются вектор-функцией вида:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} . \quad (1)$$

При этом для трактора его эксплуатационные показатели будут определяться выходными параметрами Y :

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\} . \quad (2)$$

Эксплуатация МТА осуществляется в различных условиях, которые различаются не только по природным и климатическим

особенностям, но и, например, по составу почвы, а в случае транспортных работ – по покрытию дорог. Эти факторы E относятся к возмущающим, которые приводят к

изменению режимов работы Z . Тогда параметры Y можно представить функцией:

$$Y = f(X, E, Z). \quad (3)$$

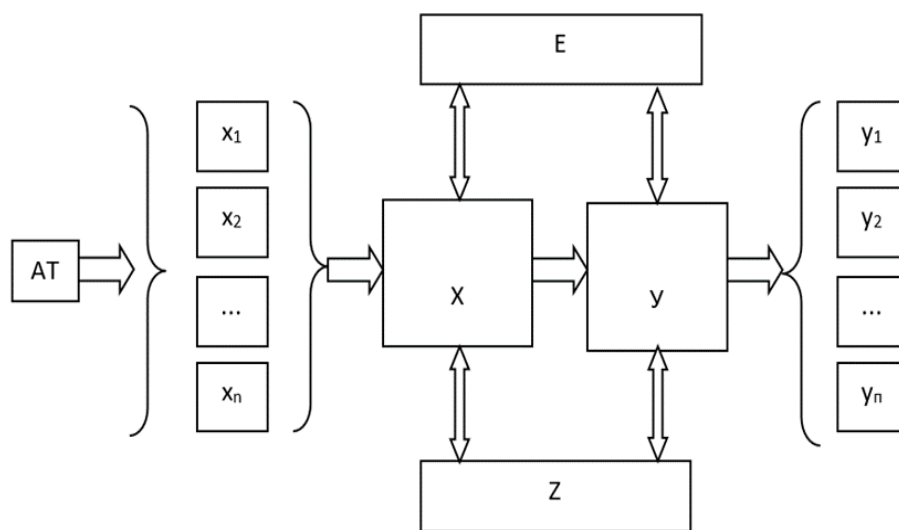


Рис. 1– Информационная модель влияния показателей дизеля на эксплуатационные свойства трактора в составе МТА при использовании альтернативных видов топлива: АТ – альтернативное топливо; X (x_1, x_2, \dots, x_n) – показатели двигателя (x_1 – мощность; x_2 – расход топлива за час работы, x_3 – удельный расход топлива и др.); Y (y_1, y_2, \dots, y_n) – эксплуатационных показатели трактора (y_1 – расход топлива, y_2 – тяговое усилие, y_3 – производительность, y_4 – показатели экологичности и др.); E – природные, климатические, почвенные и дорожные условия эксплуатации; Z – режимы работы МТА.

Воздействие на параметры Y с целью их корректировки под заданные условия можно представить в виде уравнений:

$$Y(y_1, y_2, \dots, y_n) = X(x_1, x_2, \dots, x_n) \pm E(e_i), \quad (4)$$

$$Y(y_1, y_2, \dots, y_n) = X(x_1, x_2, \dots, x_n) \pm Z(z_i).$$

Тогда, выходящие значения (эксплуатационные показатели МТА) с учетом, влияющих на них, но не поддающихся управлению, факторов E (природно-климатическая зона эксплуатации, структура обрабатываемых почв и др.), а также режимов эксплуатации трактора Z , можно записать в виде:

$$Y = \psi(y_i) \cdot E(e_i) \cdot Z(z_j), \quad (5)$$

при условии

$$\psi(y_i) = \sum((x_i \cdot e_i) + (x_i \cdot z_i)) \quad \text{и} \quad i=1,2,\dots,n \quad (6)$$

при условии, что неуправляемые факторы и режимы работы, в пределах которых осуществляется эксплуатация трактора, неизменны для определенного периода работы, то есть e_i и z_i – постоянные величины.

Для определения показателей, оказывающих наибольшее влияние на эффективные характеристики тракторного дизеля (мощность, крутящий момент, удельный расход топлива и др.) при эксплуатации,

представим двигатель как систему с множеством управляемых параметров. Так как количество входных параметров превышает единичное значение, и каждый из них приводит к изменению более чем двух параметров на выходе, тракторный двигатель можно представить в виде управляемого многомерного объекта [5, 6].

Исходя из этого, при изменении свойств используемого топлива будет происходить изменение режимных параметров топливоподачи и, соответственно, параметров рабочего процесса. Это окажет влияние на выходные эксплуатационные показатели двигателя и трактора.

Функционирование двигателя как модели может быть представлено в виде многоуровневой и многомерной системы.

При этом ее формирование будет осуществляться таким образом, что входными управляющими потоками $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ будут показатели рабочего процесса (эффективная мощность, индикаторное давление, количество поступающего в цилиндры свежего заряда и др.), параметры топливоподачи $B(b_1, b_2, \dots, b_m)$ (цикловая подача, давление впрыскивания топлива, температура топлива и др.), зависящие от физико-химических и эксплуатационных свойств альтернативного вида топлива. Условия эксплуатации (природные, климатические, дорожное покрытие, состав почв и др.) будут формировать неуправляемый поток $E(e_1, e_2, \dots, e_k)$ (рис. 2) [7, 8].

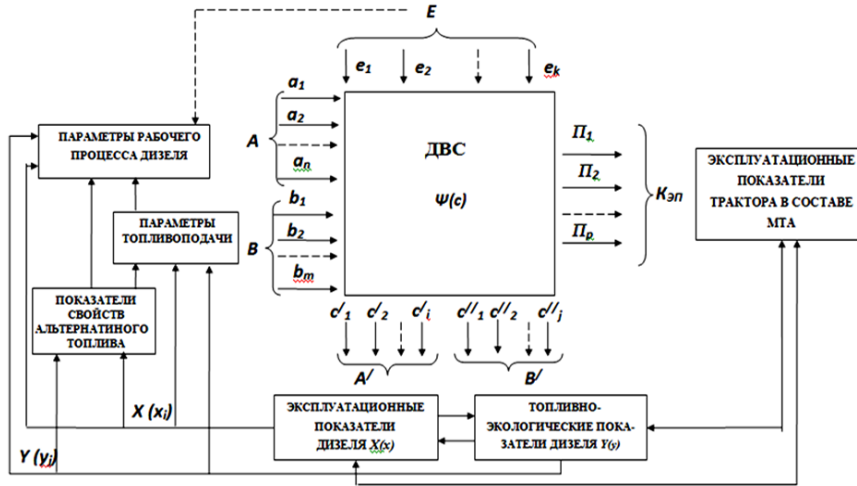


Рис. 2 – Многопараметрическая модель формирования показателей эксплуатационных свойств трактора в составе МТА

Эффективные и индикаторные (мощность, крутящий момент, удельный расход топлива и др.) показатели двигателя формируют выходной поток $C(c_1, c_2, \dots, c_i)$

В этом случае выходной $K_{ЭП}$ ($\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_p$) вектор, представленный в виде комплексной оценки эксплуатационных показателей, будет характеризовать эффективность использования трактора в составе МТА при работе на альтернативном виде топлива. Его значение будет зависеть от изменения входных потоков $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$, $B(b_1, b_2, \dots, b_m)$ и выходного потока $C(c_1, c_2, \dots, c_i)$, определяемых физико-химическими свойствами альтернативного топлива. Такая модель позволяет не только учесть зависимость эффективности использования трактора от известных потоков $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$, $B(b_1, b_2, \dots, b_m)$ и формируемыми ими выходных величин потока $C(c_1, c_2, \dots, c_i)$, но и установить причинно-следственную связь их влияния на $K_{ЭП}$.

Кроме того, она дает возможность установить значения параметров $C(c_1, c_2, \dots, c_i)$ выходного потока, определяющих граничные условия в пределах которых возможно изменение параметров A и B (с возможностью обратной связи), с целью наиболее эффективно использования трактора.

$$K_{ЭП} = f(A, B, E, A', B'). \quad (7)$$

В этом уравнении формирование обратной связи A' и B' (расчетные величины эксплуатационных показателей $X(x)$ и топливно-экономических показателей $Y(y)$ при использовании альтернативного вида топлив) будет выражаться во влиянии потоков A и B на параметры потока C :

$$\begin{aligned} X(x_i) &= A'(c'_1, c'_2, \dots, c'_i) \cdot K_{ТЭП}(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_p), \\ Y(y_j) &= B'(c''_1, c''_2, \dots, c''_j) \cdot K_{ТЭП}(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_p). \end{aligned} \quad (8)$$

В этом случае воздействие, с целью корректировки потоков A и B , будет определяться системой уравнений:

$$\begin{aligned} A_x(a_1, a_2, \dots, a_n) &= A(a_1, a_2, \dots, a_n) \pm X(x_i), \\ B_y(b_1, b_2, \dots, b_m) &= B(b_1, b_2, \dots, b_m) \pm Y(y_j), \\ A_y(a_1, a_2, \dots, a_n) &= A(a_1, a_2, \dots, a_n) \pm Y(y_j), \\ B_x(b_1, b_2, \dots, b_m) &= B(b_1, b_2, \dots, b_m) \pm X(x_i). \end{aligned} \quad (9)$$

Тогда результирующий функционал $K_{ЭП}$ будет определяться в следующем виде:

$$K_{ЭП} = (\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_p) = \psi(c) \cdot X(x_i) \cdot Y(y_j), \quad (10)$$

где

$$\psi(c) = \sum \left((a_{ij} \cdot e_z) + (b_{ij} \cdot e_z) \right) \begin{cases} i=1,2,\dots,n, \\ j=1,2,\dots,m, \\ z=1,2,\dots,k. \end{cases} \quad (11)$$

Результаты и обсуждение. В соответствии с представленной моделью параметры рабочего процесса дизеля и показатели свойств альтернативного топлива оказывают влияние на эффективность использования трактора. Исходя из этого, для достижения выходных параметров дизеля и эксплуатационных показателей МТА, близких к величинам их показателей при работе на товарном ДТ, наиболее эффективным будет подбор альтернативного топлива с соответствующими физико-химическими свойствами и параметрами топливоподачи.

Таким образом, поток входных индикаторных и эффективных показателей двигателя можно будет охарактеризовать следующей системой [9, 10]

$$A = \left\{ \begin{aligned} \eta_v &= f(P_a, P_o, T_r, \rho_o) \\ N_i &= f(\eta_i, \eta_v, \rho_o) \\ N_e &= f(N_i, \eta_u) \\ \eta_i &= f(P_i, V_h, Q_m) \\ g_i &= f(H_u, \eta_i) \\ g_e &= f(H_u, \eta_i, \eta_m) \end{aligned} \right\}, \quad (12)$$

где P_a – давление в конце впуска в цилиндр, МПа; P_o – давление воздуха равное атмосферному, МПа; T_r – температура остаточных газов

в цилиндре, °С; ρ_o – плотность свежего заряда, поступающего в цилиндр, кг/м³; N_e – эффективная мощность ДВС, кВт; N_i – индикаторная мощность ДВС, кВт; η_i – индикаторный КПД; η_v – коэффициент, характеризующий наполнение объема цилиндра свежим зарядом; η_m – механический КПД; P_i – индикаторное давление, МПа; V_h – рабочий объем цилиндра, л; Q_m – количество теплоты выделяемое при сгорании используемого альтернативного топлива, кДж; g_i – удельный индикаторный расход альтернативного топлива, г/кВт·ч; H_u – низшая теплота сгорания альтернативного топлива, кДж/кг; g_e – удельный эффективный расход альтернативного топлива, г/кВт·ч.

Качество сгорания топлива, протекающего в цилиндре, непосредственно влияет на изменение таких показателей, как удельные расходы топлива и коэффициенты полезного действия. Исходя из этого, сгорание топлива должно проходить таким образом, чтобы обеспечить наилучшие показатели не только экономичности по расходу топлива, но и экологичности. Одновременно необходимы высокая надежность и большой ресурс работы ДВС при эксплуатации. Более подробное рассмотрение этих требований и возможность их соблюдения в реальных условиях свидетельствует о том, что они носят взаимоисключающий характер. Исходя из этого необходим поиск компромисса. Одно из решений такой задачи заключается в обоснованном выборе управляемых параметров, влияние на которые приводит к изменению показателей рабочего процесса в границах установленных ограничений. К их числу относятся физико-химические свойства топлива, предварительная подготовка перед впрыскиванием в цилиндры, обеспечение распыла и полного перемешивания с зарядом воздуха в цилиндрах, температура подаваемого топлива и др.

Поток входных параметров системы топливopодачи характеризуется рядом следующих уравнений [11, 12]:

$$B = \left\{ \begin{array}{l} g_u = f(h_{пл}, \beta_T, d_{пл}, n_u, \rho_m, \eta_T, P_{ост}, P_n, T_m) \\ \Theta = f(n, P_c, v, T_c, \varepsilon) \\ P_{max} = f(P_u, P_{np}, s_p, h_p, \rho_m, \eta_T, P_{ост}, T_m) \\ \delta_u = f(g_{u,max}, g_{u,min}, g_{ucp}) \end{array} \right\}, \quad (13)$$

где g_u – подача альтернативного топлива за цикл, г/цикл; $h_{пл}$ – ход плунжера (геометрически полезный) насоса топливного, мм; β_T – коэффициент, характеризующий величину сжатия альтернативного топлива; $d_{пл}$ – диаметр плунжера насоса, мм; n_u – частота вращения кулачкового вала насоса ТНВД, мин⁻¹; ρ_m – плотность альтернативного топлива, г/см³; η_T – коэффициент, характеризующий величину подачи топлива насосом (с учетом изменения хода плунжера геометрического полезного); $P_{ост}$ – давление, остающееся

в магистрали нагнетания после впрыска топлива, МПа; P_n – давление при котором игла распылителя начинает подниматься, МПа; T_m – температура альтернативного топлива, °С; Θ – угол определяющий момент начала впрыскивания топлива, град. п.к.в.; n – частота вращения коленчатого вала ДВС, мин⁻¹; P_c – давление, МПа; v – скорость увеличения давления в цилиндре, МПа/град. п.к.в.; T_c – температура при которой осуществляется сжатие горючей смеси, К; ε – степень сжатия дизеля; P_{max} – наибольшее давление при котором топливо впрыскивается, МПа; P_u – давление в магистрали, которое может создать топливный насос, МПа; P_{np} – давление, препятствующее впрыскиванию топлива, МПа; s_p – площадь распылителя форсунки, мм²; h_p – величина перемещения иглы распылителя, мм; δ_u – неравномерность подачи топлива за цикл, %; $g_{u,max}$, $g_{u,min}$, g_{ucp} – значение подачи топлива за цикл, соответственно, максимальное, минимальное и среднее, г/цикл.

Параметры выходного потока, характеризующие эффективность функционирования трактора в составе МТА, будут определяться следующими функциональными зависимостями [13, 14]:

$$K_{ЭП} = \left\{ \begin{array}{l} g_{za} = f(g_u, n, z, \tau, B_p, v_p, \delta, r_k, i_{mp}) \\ E_o = f(M_i, M_{MT}, \eta_i, r_{кр}) \\ E_e = f(P_e, P_{MT}, L_o, \alpha, \rho_o, \eta_v, H_u) \\ W = f(B_p, H_u, G_T, P_c, v_p) \end{array} \right\}, \quad (14)$$

где g_{za} – расход топлива на гектар, кг/га; z – количество цилиндров ДВС; τ – количество тактов ДВС; B_p – ширина захвата сельскохозяйственной машины, задействованной в работе, м; v_p – скорость МТА при выполнении работы, км/ч; δ – коэффициент, характеризующий величину буксования ведущих колес трактора; r_k – радиус ведущих колес трактора, м; i_{mp} – передаточное отношение трансмиссии; E_o – общие удельные энергзатраты, МДж/га; M_i – индикаторный крутящий момент ДВС, Н·м; M_{MT} – момент механических потерь, Н·м; $r_{кр}$ – радиус кривошипа коленчатого вала ДВС, м; P_e – среднее эффективное давление, МПа; P_m – среднее давление механических потерь, МПа; L_o – теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг альтернативного вида топлива, кг; W – погектарная выработка МТА, га/ч; G_T – расход альтернативного топлива за час работы, кг/ч; P_c – сила тяги, Н.

Решение представленной системы уравнений с использованием аналитических зависимостей позволит определить эксплуатационные показатели трактора и оценить эффективность его работы в составе МТА при использовании альтернативного топлива, в сравнении с использованием нефтяного ДТ.

В соответствии с предлагаемой моделью, исследования влияния свойств

альтернативного топлива предусматривают установление рационального состава топлива, технических решений по адаптации топливной системы для эффективной подачи альтернативного топлива в цилиндры дизеля с требуемыми показателями, а также по величине изменения эксплуатационных показателей при работе на альтернативном топливе определить эффективность функционирования трактора в составе МТА.

Выводы. Сформированная модель позволила установить, что на индикаторные и эффективные показатели тракторного дизеля (мощность, крутящий момент, удельный расход топлива и др.) и эксплуатационные показатели МТА (погектарный расход топлива, тяговое усилие, производительность, и др.) оказывают влияние параметры рабочего процесса и топливоподачи, которые зависят

от свойств используемого альтернативного топлива. Исходя из этого, для достижения выходных параметров двигателя и эксплуатационных показателей МТА, равных или близких к величинам характерным для работы на товарном ДТ, наиболее эффективен подбор альтернативного топлива с соответствующими физико-химическими свойствами и изменение с их учетом параметров топливоподачи. Практическая значимость результатов исследования заключается в получении численных параметров рабочего процесса дизеля и топливоподачи при различных физико-химических свойствах альтернативного топлива, которые позволяют определить эксплуатационные свойства трактора в составе МТА и провести анализ эффективности его работы, по сравнению с использованием нефтяного ДТ, с целью определения наилучшего варианта.

Литература

1. О концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года: приказ Минсельхоза РФ от 25 июня 2007 г. № 342. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902099525> (дата обращения: 12.12.2023).
2. Субаева А. К. Проблемы технической и технологической модернизации сельского хозяйства России в современных условиях // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина. 2018. № 3(85). С. 47-53.
3. Болдашев Г.И., Быченин А.П., Володько О.С. Использование альтернативных топливо-смазочных материалов в автотракторной технике: монография. Кинель: РИО Самарской ГСХА, 2017. 169 с.
4. Обоснование оптимального уровня эксплуатации тракторов в аграрном производстве / Р.К. Хусаинов, И.Г. Галиев, Ф.З. Габдрафиков и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (56) С. 91-95.
5. Володько О.С., Быченин А.П., Хохлов А.Л. Использование органических поверхностно-активных веществ в качестве противоизносных присадок к дизельному топливу // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (59) С. 12-19.
6. Техническое обеспечение дизеля для работы на дизельном смесевом топливе / А.Л. Хохлов, А.А. Хохлов, Д.Е. Молочников и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (54) С. 122-127.
7. Галиев И.Г., Хусаинов Р.К. Оценка условий функционирования тракторов в аграрном производстве // Техника и оборудование для села. 2015. №10. С. 13-15.
8. Исследование физических свойств рыжиково-масляных смесей для гидравлических систем сельскохозяйственной техники / Ф.Ф. Зартдинов, Ф.Ф. Зартдинова, А.Л. Хохлов и др. // Тракторы и сельхозмашины. 2017. №8. С 41-46.
9. Глущенко А.А. Исследование качества топливо-смазочных материалов и применение альтернативных видов топлив: уч. пособие. Ульяновск: УлГУ, 2019. С. 320.
10. Медведев В.М., Сеницкий С.А. Математическая модель оценки динамических показателей двигателя МТА при неустановившейся нагрузке // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (53). С. 106-110.
11. The effect of a waste vegetable oil blend with diesel fuel on engine performance / M.P. Dorado, J.M. Arnal, J. Gomez, et al. // Trans. ASAE. – St. Joseph (Mich.). 2002. Vol.45.No. 3. P. 519-523
12. Niemi S.A., Hatonen T., Laiho V.O.K. Results from a Durability Test of a Mustard Seed Oil Driven Tractor Engine // SAE Technical Paper Series. 1998. No. 982528. P. 1-15.
13. Zaher F.A. Vegetable Oil as Alternative Fuel for Diesel Engines: a Review // Grasas y Aceites. 1990. Vol. 41. No. 1. P. 82-91.
14. Development of a model for improving operating performance of vehicles / A. Glushchenko, A. Khokhlov, D. Molochnikov, et al. // 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH. 2019. Vol. 403. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/403/1/012099> (дата обращения: 15.01.2024).

Сведения об авторах:

Глущенко Андрей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирование и сервис автомобилей, e-mail: oidel@yandex.ru
 Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Россия
 Салахутдинов Ильмас Рифкатович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации мобильных машин и технологического оборудования, e-mail: imas.73@mail.ru
 Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Ульяновск, Россия
 Субаева Асия Камилевна – доктор экономических наук, доцент кафедры приборостроения, e-mail: subaeva.ak@mail.ru
 Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Чистопольский филиал «Восток», г. Чистополь, Россия.
 Калимуллин Марат Назипович – доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: marat-kmn@yandex.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Латыпов Рафкат Мирхатович – доктор технических наук, заведующий кафедрой машинно-тракторного парка, и технологии и механизации животноводства, e-mail: latypov_rm_74@mail.ru

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск, Россия

TO THE FORMATION OF AN EFFICIENCY MODEL OF AGRICULTURAL TRACTORS FUNCTIONING AS A PART OF MACHINE-TRACTOR UNIT WHEN WORKING ON ALTERNATIVE FUELS

A. A. Glushchenko, I. R. Salakhutdinov, A. K. Subaeva, M. N. Kalimullin, R. M. Latypov

Abstract. The development of the Russian agro-industrial complex provides for increasing the efficiency of the functioning of energy machines while simultaneously reducing energy and labor costs. A promising direction for saving diesel fuel and improving the environmental performance of mobile agricultural machinery is the use of alternative motor fuel. In modern agricultural machines, this will be reflected, first of all, in the parameters of the working process and its flow in the engine, as well as in the indicators of power, fuel efficiency and environmental friendliness of its operation, which, to one degree or another, will lead to changes in the indicators characterizing the operational properties of a machine-tractor unit. The functioning of the engine as a model can be presented in the form of a multi-level and multidimensional system in which the control flows will be indicators of the work process (effective power, indicator pressure, the amount of fresh charge entering the cylinders, etc.), fuel supply parameters (cyclic supply, fuel injection pressure, fuel temperature, etc.), which depend on the physicochemical and operational properties of the alternative fuel. The proposed model provides for the determination of the rational composition of the fuel, technical solutions for adapting the fuel system for the effective supply of alternative fuel to the engine cylinders with the required indicators, as well as determining their influence on the parameters of the operational efficiency of the tractor as part of machine-tractor unit. The obtained numerical values of the parameters of the diesel operating process and fuel supply, depending on the physical-chemical properties of the alternative fuel used, make it possible to determine the performance indicators of the tractor as part of machine-tractor unit and evaluate the efficiency of its operation on various alternative types of fuels, in comparison with using petroleum diesel fuel.

Key words: diesel, multi-parametric model, workflow parameters, fuel supply, performance indicators of agricultural tractors.

References

1. On the concept of development of agricultural science and scientific support of the Russian agro-industrial complex until 2025. [Internet]. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated June 25, 2007 No. 342. [cited 2023, December 12]. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/902099525>.
2. Subaeva AK. [Problems of technical and technological modernization of Russian agriculture in modern conditions]. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V.P. Goryachkina. 2018; 3(85). 47-53 p.
3. Boldashev GI, Bychenin AP, Volodko OS. Ispolzovanie alternativnykh toplivo-smazochnykh materialov v avto-traktornoj tekhnike: monografiya. [The use of alternative fuels and lubricants in automotive technology: monograph]. Kinel: RIO Samarskoy GSKhA. 2017; 169 p.
4. Khusainov RK, Galiev IG, Gabdrafikov FZ. [Justification of the optimal level of operation of tractors in agricultural production]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; 4 (56) 91-95 p.
5. Volodko OS, Bychenin AP, Khokhlov AL. [The use of organic surfactants as anti-wear additives for diesel fuel]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2022; 3 (59). 12-19 p.
6. Khokhlov AL, Khokhlov AA, Molochnikov DE. [Technical support of a diesel engine for operation on mixed diesel fuel]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; 3 (54). 122-127 p.
7. Galiev IG, Khusainov RK. [Assessment of the operating conditions of tractors in agricultural production]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2015; 10. 13-15 p.
8. Zartdinov FF, Zartdinova FF, Khokhlov AL. [Research on the physical properties of camelina oil mixtures for hydraulic systems of agricultural machinery]. Traktory i sel'khoz mashiny. 2017; 8. 41-46 p.
9. Glushchenko AA. Issledovanie kachestva toplivo-smazochnykh materialov i primeneniye alternativnykh vidov topliv: uch. posobie. [Study of the quality of fuels and lubricants and the use of alternative fuels: textbook]. Ulyanovsk: UGU. 2019; 320 p.
10. Medvedev VM, Sinitskiy SA. [Mathematical model for assessing the dynamic performance of machine-tractor unit engine under unsteady load]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; 2 (53). 106-110 p.
11. Dorado MR, Arnal JM, Gomez J. The effect of a waste vegetable oil blend with diesel fuel on engine performance. Trans. ASAE. St. Joseph (Mich.). 2002; Vol.45. 3. 519-523 p.
12. Niemi SA, Hatonen T, Laiho VOK. Results from a durability test of a mustard seed oil driven tractor engine. SAE Technical Paper Series. 1998; 982528. 1-15 p.
13. Zaher FA. Vegetable oil as alternative fuel for diesel engines: a review. Grasas y Aceites. 1990; Vol.41. 1. 82-91 p.
14. Glushchenko A., Khokhlov A., Molochnikov D. Development of a model for improving operating performance of vehicles. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH. 2019; Vol.403. [cited 2024, January 15]. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/403/1/012099>.

Authors:

Glushchenko Andrey Anatolyevich – Ph.D. of Technical Sciences, associate professor of Department of Automobiles Design and Service, e-mail: oidel@yandex.ru

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

Salakhutdinov Ilmas Rifkatovich - Ph.D. of Technical Sciences, associate professor of Operation of Mobile Machines and Technological Equipment Department, e-mail: lmas.73@mail.ru

Ulyanovsk State Agrarian University named after. P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia

Subaeva Asiya Kamilevna – Doctor of Economics, associate professor of Instrument Engineering Department, e-mail: subaeva.ak@mail.ru

Kazan National Research Technical University named after. A.N.Tupolev – Chistopol branch “Vostok”, Chistopol, Russia

Kalimullin Marat Nazipovich – Doctor of Technical Sciences, professor of Operation and Repair of Machines Department, e-mail: marat-kmn@yandex.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Latypov Raifkat Mirkhatovich – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Machine and Tractor Park and Technology and Mechanization of Livestock Husbandry, e-mail: latypov_rm_74@mail.ru

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia.