

опытные образцы ДВС и их систем. Тем не менее, объем использования альтернативных топлив на транспорте невелик. Причин создавшейся ситуации несколько. В качестве основной следует считать неготовность заводов-изготовителей в выпуске значительного количества модификаций ДВС, предназначенных для работы на конкретном виде или составе нетрадиционного топлива. Следует учесть, что каждая из модификаций должна отличаться собственными вариантами систем питания и топливоподачи, способами воспламенения и смесеобразования, регулировочными и эксплуатационными характеристиками. Наиболее целесообразным вариантом решения проблемы может быть разработка способов расширения многотопливности ДВС путем увеличения пределов применяемости альтернативных топлив и топливных композиций, что также позволит существенно расширить топливную базу двигателей, находящихся в эксплуатации.

Ключевые слова: Двигатель, альтернативное топливо, физико-химические свойства, многотопливность, эффективные показатели.

УДК 623.427.422:621.433

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЯГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПРИ РАБОТЕ НА СМЕШАННОМ ДИЗЕЛЬНО-ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ

П. Ю. МАЛЫШКИН, ст. преподаватель
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Трактор (новолат. *tractor*, от лат. *traho* – тяну) самодвижущаяся (гусеничная или колесная) машина, выполняющая сельскохозяйственные, дорожно-строительные, землеройные, транспортные и другие работы в агрегате с прицепными, навесными или стационарными машинами (орудиями) [1]. Применение газового топлива, для питания силовой установки трактора, имеющего существенно разные физико-химические свойства по отношению к традиционному дизельному, неизбежно окажет влияние на изменение топливно-экономических, экологических и других показателей колесного трактора.

Основная часть. Движение машинно-тракторного агрегата сопровождается непрерывным воздействием движущей силы и сумме сил сопротивления. При достаточном сцеплении движителей с почвой движущей силой является касательная сила тяги [2, 3].

Касательная сила тяги P_k трактора прямо пропорциональна крутящему моменту двигателя и определяется по выражению:

$$P_k = \frac{M_k i_{тр} \eta_{тр}}{10^3 r_k} = A_j M_k, \quad (1)$$

где M_k – крутящий момент двигателя, Н м;

$i_{тр}$ – передаточное число трансмиссии;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии;

r_k – радиус качения ведущего колеса трактора, м;

A_j – масштабный коэффициент, зависящий от выбранной передачи.

Тягово-сцепные качества колесного сельскохозяйственного трактора в основном характеризуются весом трактора, числом ведущих колес, рабочими характеристиками колес, параметрами шин (размерами, конструкцией каркаса и протектора, а также внутренним давлением в них), [4, с. 369] и проявляются при взаимодействии их с грунтом (почвой). При этом тракторы работают в условиях резко изменяющейся нагрузки, носящей колебательный характер. В сущности, она является не стационарной случайной функцией времени. Колебание нагрузки вызывают волнистость рельефа, изменение состава, влажности, твердости и структуры почвы, неравномерность развития и густоты растений, скопление пожнивных остатков, изменение условий и режимов выполнения технологических процессов, чередование рабочих ходов и разворотов и т. п.

Однако сопротивление движению машинно-тракторных агрегатов может изменяться на 10...50 % от некоторого среднего значения с частотой изменения от одного раза в несколько минут до 20...30 раз в минуту [5, с. 15–16]. Для упрощения расчетов принято считать, что сила сопротивления движения машины $P_{кр}$ (тяговое усилие на крюке) изменяется по гармоническому закону [6, с. 302]:

$$P_{кр} = (P_{кр. ср} + P_a \sin \omega t), \quad (2)$$

где $P_{кр}$ – сила сопротивления движения машины, Н;

$P_{кр. ср}$ – среднее значение силы на крюке, Н;

P_a – амплитуда колебаний силы на крюке, т. е. максимальное отклонение значения силы на крюке за период, Н;

$\omega = 2 \pi f$ – угловая частота изменения силы на крюке.

f – частота колебаний силы тяги, $f = 1 \dots 10$ Гц [6, с. 303].

Удельный крюковой расход топлива на единицу тяговой мощности $g_{кр}$ определяется зависимостью [7]:

$$g_{кр} = 10^3 \frac{G_{дт}}{N_{кр}}, \text{ Г/кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3)$$

где $N_{кр}$ – тяговая (крюковая) мощность трактора, кВт.

$G_{дт}$ – часовой расход дизельного топлива, кг/ч.

Суммарный удельный крюковой расход топлива $g_{кр\Sigma}$ определяется по выражению:

$$g_{кр\Sigma} = 10^3 \frac{G_{дт} + G'_{гт}}{N_{кр}}, \text{ Г/кВт} \cdot \text{ч}, \quad (4)$$

где $G'_{гт}$ – часовой расход газового топлива, кг/ч.

Тяговая мощность трактора определяется зависимостью:

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot v_{д}}{3,6}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (5)$$

где $v_{д}$ – действительная скорость движения трактора, км/ч.

Относительная величина буксования δ движителей определяется зависимостью [7]:

$$\delta = \left(1 - \frac{n'_o}{n_o} \right), \%, \quad (6)$$

где n'_o , n_o – частота вращения ведущего колеса соответственно при движении трактора без нагрузки и с нагрузкой на крюке при одной и той же длине гона, мин^{-1} .

Изменение тяговых показателей колесного трактора при применении сжиженного газового топлива можно оценить по тяговой характеристике. Для построения тяговой характеристики (рис. 1) создавался машинотракторный агрегат, состоящий из колесного трактора «Беларус-922» с динамометрической сцепкой, измерительным усилителем Spider 8 и трех корпусного плуга ПЛН-3-35.

Испытания проводились на опытном поле «Тушково» Горецкого района через 7 дней после укоса клевера и уборкой его на сено, при влажности почвы – 18,2 %, уклоне поля – менее 0,3°, твердости почвы – 201,1 Н/см². Загрузка трактора осуществлялась путем изменения глубины обработки почвы плугом в пределах 0,2–0,3 м.

Трактор работал на 2-й и 3-й передачах первого диапазона с включенным (2рIв, 3рIв) и выключенным мультипликатором (3рIн).

Поддача газового топлива марки ПБА осуществлялась отдельной газовой системой питания во впускной коллектор дизеля с учетом исследований [8, 9], при среднем эффективном давлении в цилиндре дизеля

более 0,7 МПа. При этом, дизельное топливо (ДТ) смешивается с газовойоздушной смесью в цилиндре двигателя и обеспечивает замещение ДТ, и в результате расход ДТ $G_{ДТ}$ снижается до 26 % в зависимости от режима работы дизеля и тягового усилия на крюке. Отметим, что с повышением тягового усилия расход газового топлива $G'_Г$ увеличивается, но не превышает 3,4 кг/ч. При этом суммарный удельный крюковой расход топлива $g_{кр\Sigma}$ (ДТ и ГТ) снижается на 3–5 г/кВт·ч при работе на смешанном дизельно-газовом топливе (СДГТ).

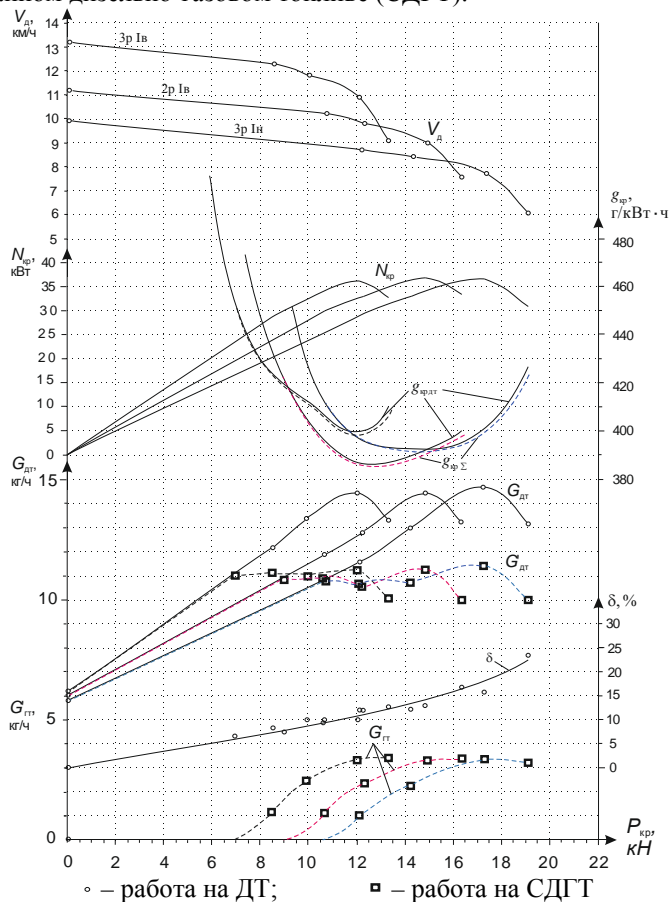


Рис. 1. Тяговая характеристика колесного трактора «Беларус-922» с плугом ПЛН-3-35 на СДГТ

При увеличении тягового усилия рабочая скорость движения V_p снижается из-за увеличения относительной величины буксования δ двигателей до 23,8 % при максимальном тяговом усилии $P_{кр} = 19,03$ кН созданным плугом в заданных условиях работы при заглублении корпусов на 32 см.

Заключение. Работа колесного трактора на смешанном дизельно-газовом топливе позволила снизить суммарный удельный крюковой расход топлива на 3–5 г/кВт·ч, по отношению к работе на дизельном топливе, при сохранении тяговой мощности. Часовой расход дизельного топлива снижается с 14,3–14,7 до 11,2–11,4 кг/ч на номинальном режиме, за счет замещения его газовым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тракторы. Теория: учебник / В. В. Гуськов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1988. – 376 с.
2. Скотников, В. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В. А. Скотников, А. А. Мащенко, А. С. Солонский. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 383 с.
3. Чудаков, Д. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / Д. А. Чудаков. – Москва: Колос, 1972. – 384 с.
4. Автомобильный справочник: пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
5. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет: учебник / И. П. Ксеневич, [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1991. – 544 с.
6. Барский, И. Б. Конструирование и расчет тракторов: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1980. – 335 с.
7. ГОСТ 24055–2016. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 27 с.
8. Метод расчета и проектирования дизеля с наддувом, охладителем наддувочного воздуха с системой подачи газового топлива / А. Н. Карташевич [и др.] // Вестник БРУ. – 2017. – № 3. – С. 35–44.
9. Исследования тракторного дизеля при подаче газа с использованием планирования эксперимента / П. Ю. Малышкин [и др.] // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 239–243.

Аннотация. В статье приведены результаты натурных исследований колесного трактора тягового класса 1,4, оборудованного системой подачи газового топлива во впускной коллектор, условия и методика проведения испытаний. Выполнен анализ эксплуатационных показателей трактора и представлены зависимости для определения суммарного удельного крюкового расхода топлива.

Ключевые слова: тяговая характеристика, смешанное дизельно-газовое топливо, тяговое усилие на крюке, суммарный удельный крюковой расхода топлива.