

UDC 621.436.4

Zarapkin M.N. Acceptable methods for converting a diesel engine to gaseous fuel

Приемлемые способы перевода дизельного двигателя на газообразное топливо

Zarapkin Mikhail Nikolaevich

is a student of the DM-411 group at the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.
Scientific supervisor

Toigambayev Serik Kokibayevich

is a Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Technical Service of Machines and Equipment. Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Царапкин Михаил Николаевич
студент группы ДМ- 411 Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Научный руководитель
Тойгамбаев Серик Кокибаевич
д.т.н., профессор кафедры технической сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Abstract. Methodology for determining gaseous and diesel fuel consumption during agricultural operations. Analytical studies revealed theoretical relationships that determine the degree of influence of design and operational parameters of an all-wheel drive tractor as part of a unit. The article presents the results of an experimental research program and operational tests.

Keywords: gaseous fuel; engine; fuel system; gas-diesel cycle; reliability; gearbox; gas operating pressure; tractor; gas metering device.

Аннотация. Методика определения расхода газообразного и дизельного топлива при проведении сельскохозяйственных работ. В результате аналитических исследований, выявлены теоретические зависимости, определяющие степень влияния конструктивных и эксплуатационные показатели полноприводного трактора в составе агрегата. В статье приводятся результаты программой экспериментальных исследований эксплуатационных испытаний.

Ключевые слова: газообразное топливо; двигатель; топливная аппаратура; газодизельный цикл; надежность; редуктор; рабочее давление газа; трактор; дозатора газа.

Получены теоретические выражения для нахождения оптимальных значений силы тяги на крюке. Многообразие действующих факторов и сложность исследуемого процесса вызывают необходимость проведения экспериментальных исследований, а принятые допущения предусматривают проверку полученных аналитических зависимостей на адекватность.

Программой экспериментальных исследований предусматривается

эксплуатационных испытаний; обработка экспериментальных и их влияние с целью проверки адекватности и уточнения математической модели, проверки работоспособности. А также получения значений расхода газообразного и дизельного топлива при выполнении основных с/х работ, соответствии со значениями в таблице 1

Таблица 1

Удельные сопротивления сельскохозяйственных орудий при различных видах труда

Вид работ	Размерность	Значение (среднее)
Боронование	кН/м	0,45
Дисковое боронование	кН/м	5,0
Культивация	кН/м	2,0
Плуг плоскорез^	кН/м	5,0
Сеялка (зерновая)	кН/м	1,5
Внесение минеральных удобрений	кН/м	0,35
Глубокое рыхление	кН/м	10,0
Кошение	кН/м	1,2

Определение тягового сопротивления агрегата. В качестве нагрузки был использован плуг четырехкорпусной навесной отвальной скоростной ПБС -4-55, который предназначен для основанной отвальной обработки почв под сельскохозяйственные культуры на глубину от 16 до 35 см, незасоренных камнями, плитняком и другими препятствиями с удельным сопротивлением до 0,1 МПа, твердостью почв до 4 МПа и влажностью почвы до 30%. В процессе проведения экспериментальных исследований измерялись и регистрировались следующие параметры: 1. Давление газа в одном баллоне; 2. Скорость агрегата; 3. Глубина вспашки; 4. Расход топлива за 1 опыт; 5. Время опыта t ; 6. Рабочая ширина захвата плуга.

Кроме перечисленных параметров, в журнале наблюдений регистрировались: состав транспортного агрегата, характеристика почвы, давление воздуха в шинах, температура воды и масла двигателя, количество корпусов плуга, атмосферное давление и температура окружающего воздуха, длина загона и время движения вдоль загона, вес трактора и агрегата.

Крюковая мощность $N_{кр}$, [кВт] определяется по формуле:

$$N_{кр} = r_{рк} V_p \quad (1)$$

где $r_{рк}$ - сила тяги на крюке, кН; V_p - рабочая скорость агрегата, м/с;

$r_{рк}$ - рассчитывается по формуле:

$$r_{рк} = K_{са} \times b \times n \quad (2)$$

где $K_{са}$ - удельное сопротивление почвы, кН/м² для данной почвы выбираем из таблицы; a - глубина вспышки, м; b - ширина захвата одного корпуса, для плуга ПБС-4-

55 это значение; $b = 0,6M$; n - число корпусов, $n = 4$.

В процессе эксплуатации трактора определялись отдельные показатели надежности. Коэффициент готовности- это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается и его вычисляют по формуле 3:

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n t_1}{\sum_{i=1}^n t_1 + \sum_{i=1}^n \tau_i} \quad (3)$$

где n - количество отказов и периодов безотказной работы; t_i - интервалы работоспособности для i периода, ч; τ_i –интервал восстановления часов

Коэффициент оперативной готовности вычисляют по формуле 4:

$$K_{ог} = K_{\Gamma} * P(tp) \quad (4)$$

где K_{Γ} - коэффициент готовности; $P(tp)$ - вероятность безотказной работы объекта в течение времени (tp), необходимого для безотказного использования по назначению.

$$P(tp) = e^{-\lambda tp} = e^{-\frac{1}{T} tp} \quad (5)$$

где $\lambda P(tp)$ – вероятность безотказной работы объекта в течение времени (tp), необходимого для безотказного использования по назначению.

$$P(tp) = e^{-\lambda tp} = e^{-\frac{1}{T} tp} \quad (6)$$

где λ - инесивность отказово и рассчитывается по формуле 7

$$\lambda = \frac{1}{T_1} \quad (7)$$

где T_1 - средняя наработка до отказа.

Наиболее простым и приемлемым для сельского хозяйства способом перевода дизельного двигателя на газообразное топливо является использование газодизельного цикла, так как не требуется значительных переделок дизеля, сохраняется его стандартная топливная аппаратура и способность работать либо на одном дизельном, либо на газообразном топливе с добавкой дизельного топлива. Газодизельный цикл, как и дизельный, соответствует смешанному циклу, но имеет свои особенности. Общее количество тепла, выделившегося на участке видимого сгорания при обоих процессах, практически одинаково, но на газодизельном процессе достигается более высокие максимальное давление сгорание, а также экономичность при работе по газодизельному циклу несколько выше, чем на дизельном. При полной и близких к ней нагрузках в газодизеле обеспечивается столь же эффективный процесс, как и в дизеле. Однако при уменьшении нагрузки, с увеличением коэффициента избытка воздуха

эффективность процесса резко снижается, так как значительно уменьшительное полнота сгорания. Поэтому при малых нагрузках на газодизеле необходимо осуществлять не только качественное, но и количественное регулирование горячей смеси. Кроме того, на характер газодизельного процесса существенное влияние оказывает величина запальной дозы дизельного топлива. Для эффективной работы двигателей по газодизельному циклу необходимо создать такую систему управления, которая бы регулировала подачу газа, дизельного топлива и оптимизировала их соотношение в соответствии со скоростным и нагрузочным режимом работы

Для переоборудования дизельного двигателя в газодизельный он оборудуется дополнительной топливной системой, в состав которой входит (рисунок 4.1):

- 1) газовые баллоны для хранения сжатого природного газа;
- 2) вентили для обеспечения возможности обслуживания газовой аппаратуры при заправленных баллонах и на их случай аварийной ситуации;
- 3) арматура для соединения элементов газовой системы;
- 4) манометр для оценки количества газа в баллонах;
- 5) заправочное устройство для заправки баллонов газом;
- 6) редуктор (один или два) для снижения давления газа;
- 7) регулятор подачи газа (дозатор) для регулировки количества газа поступающего в цилиндры двигателя;
- 8) смеситель для подачи газа во впускной коллектор двигателя;
- 9) устройство для регулировки запальной дозы дизельного топлива, которое в газодизельном режиме устанавливает величину выдачи дизельного топлива около 30% от номинальной в дизельном режиме.

Отечественной промышленностью в настоящее время производятся цельнометаллические баллоны из углеродистой в легированной стали, металлопластиковые баллоны (с армирующей оболочкой из композиционного материала) и композитные баллонные различных типоразмеров. Баллоны производятся Котласским электромеханическим заводом, Казанским ОКБ «Союз», Орским машиностроительным заводом и другими предприятиями. Основное преимущество композитных и металлопластиковых баллонов – меньшая масса, но при этом большая стоимость. Для сельскохозяйственного трактора, где увеличение массы является даже полезным (с точки зрения увеличения сцепного веса), наиболее целесообразным будет применение цельнометаллических баллонов.

Как же отмечалось, теплотворная способность 1 м природного газа приблизительно равна теплотворной способности 1 л дизельного топлива. Для обеспечения продолжительности работы трактора в газодизельном режиме

сопоставимой с дизельным вариантом и учитывая, что доля газа при этом составляет около 75%, можно определить, что объем газовых баллонов (при исходном давлении 20 МПа) должен быть в 3-4 раза больше топливного бака трактора. Поэтому при переводе трактора на природный газ появляется проблема размещения газовых баллонов. Фирмой «Лемм» в настоящее время освоен выпуск баллонов на рабочее давление 32 МПа, применение которых позволит снизить необходимый объем газовых баллонов в 1,6 раза. Однако, действующие в настоящее время АГНКС (Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции) обеспечивают заправку под давлением лишь 20 МПа (АГНКС на 32 МПа находится в процессе разработки), что делает применение баллонов с рабочим давлением 32 МПа нецелесообразным. Еще одним выходом из данной ситуации является применение сниженного природного газа, который на транспортном средстве будет храниться в специальных криогенных баллонах. Стоимость таких баллонов высока, а заправочных станций для заправки сниженным газом пока единицы. На основании сказанного, было решено для переоборудования трактора использовать цельнометаллические баллоны БТ-81-20-320/1250 производства Орского машиностроительного завода объемом 80 л длиной 1250 мм диаметром 320мм.

Баллоны в количестве восьми штук будут установлены на задней грузовой платформе трактора. Схема размещения газового оборудования на тракторе приведена на чертеже. При этом, за счет баллонов, дополнительно улучшаются тягово-сцепные показатели трактора, так как догружается задний мост трактора, который в базовом варианте приходится лишь 40% массы трактора. Суммарная емкость баллонов составляет 640 л, что позволит обеспечить продолжительность работы трактора без заправки в течение приблизительно 8 ч. Переход на баллоны с рабочим давлением 32 МПа позволит увеличить продолжительность работы трактора без заправки до 12 ч при той же емкости баллонов.

Каждый баллон будет иметь расходный вентиль для обеспечения возможности обслуживания газовой аппаратуры при заправленных баллонах. На одном из баллонов устанавливается манометр. Система работает следующим образом (рисунок 1). Запуск осуществляется в дизельном режиме независимо от положения переключателя режимов.

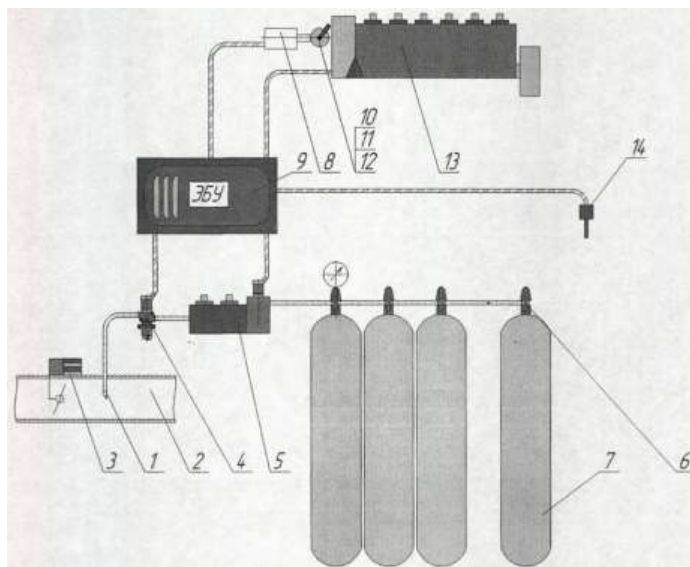


Рис. 1. Система подачи газа в двигатель ЯМЗ-236Д трактора Т-150К-09

1- смеситель, 2- впускной трубопровод, 3- дроссельный патрубок, 4- дозатор, 5- редуктор, 6- вентиль, 7- баллон, 8- шаговой электродвигатель, 9- электронный блок управления, 10- датчик положения, 11- датчик частоты вращения, 12- датчик положения рейки ТНВД, 13- ТНВД, 14- датчик температуры.

При отсутствии необходимого в магистрали давления газа система находится в дизельном режиме не зависимо от положения переключателя режимов.

По дизельному циклу систем работает следующим образом. Электрический сигнал с датчика положения рычаг управления топливном насосом (ТНВД), позиция 10, поступает в электронный блок управления, позиция 9. Одновременно в электронный блок управления поступает сигналы с датчик частоты вращения двигателя, позиция 11, и с датчика положения рейки ТНВД, позиция 12. В зависимости от положения рычаг управления насосом электронный блок вырабатывает сигнал на перемещение привода рейки ТНВД. Тем самым рейка ТНВД устанавливается в положение, обеспечивающие подачу дизельного топлива необходимую для поддержания заданных рычагом управления оборотов коленчатого вала двигателя. По газодизельному циклу система работает следующим образом. Параллельно работает канала электронного регулирования положения рейки ТНВД включает канал регулирования подача газа т.е осуществляется одновременная подача запальной дозы дизельного топлива и газа в двигатель.

Газовое топливо из баллона под большим давлением поступает в газовый редуктор. При включении режима работы «газодизель» электрический сигнал с электронного блока поступает на клапан высокого давления при открытии которого газ поступает в

редуктор 5. На выходе редуктора устанавливается рабочее давление газа, который подается на вход электронного дозатора газа, с выхода которого газ через смеситель поступает в коллектор двигателя. Электронным блоком управления с учетом давления и температуры газа вырабатываются управляющие сигналы на изменение проходного отверстия дозатора 4, тем самым обеспечивая подачу необходимого газа в двигатель. Таким образом электронный блок управления вырабатывает одновременно два сигнала дозирования запальной дозы дизельного топлива и газа, в зависимости от положения рычага управления ТНВД. Соотношение между объемами запальной дозы дизтоплива и газа на всех режимах работы двигателя определяется законами управления, заложенными в память электронного блока.

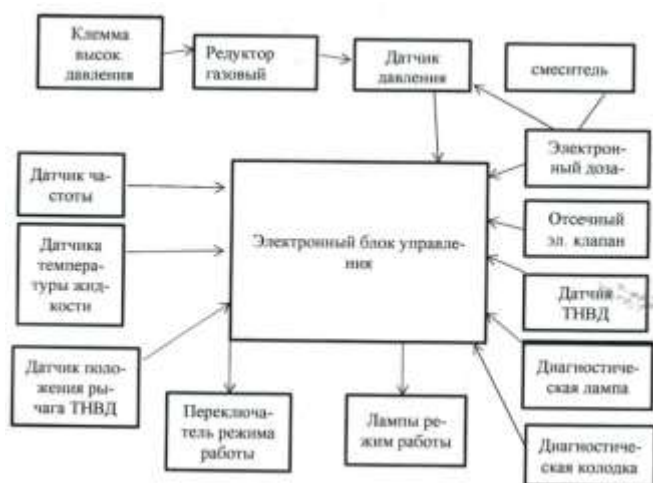


Рис. 2. Структурная схема электронной системы управления газодизельным двигателем.

Выводы

Был разработан способ форсирования двигателя путем увеличения коэффициент наполнения за счет энергии сжатого природного газа, который имеет отличное свойство-простоту, что дает возможность говорить о высокой надежности созданной системы. Период подачи газа выбран с таким расчетом чтобы усилить эффект инжекции с учетом увеличения коэффициент наполнения рабочей камеры двигателя, что улучшает не только динамические показатели двигателя но и экологические показатели.

References

1. Абдулмажидов Х.А. Оптимизация парка машин для мелиоративных работ с учетом категорий грунта. /диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва. 2002. С. 158

2. Абдулмажидов Х.А. Выбор оптимального состава комплекса машин для очистки осушительного канала мелиоративной сети. /Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 391-399.

3. Апатенко А.С., Голубев М.И. Обоснование выбора передвижных ремонтных мастерских при устранении отказов машин на мелиоративных работах. / Техника и оборудование для села. 2019. № 3. С. 27-31.

4. Евграфов В.А., Апатенко А.С., Новиченко А.И. Применение организационно – экономических методов при формировании парка машин в производственных организациях агропромышленного комплекса./ Монография. Москва. 2014. С. 128

5. Тойгамбаев С.К. Повышение уровня технической обеспеченности в растениеводстве Республики Казахстан. / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва. С. 322.

6. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области. / Естественные и технические науки. 2020. № 8 (146). С. 207-212.

7. Тойгамбаев С.К., Дидманидзе О.Н., Апатенко А.С., Парлюк Е.П., Севрюгина Н.С. Работоспособность технических систем. Учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / Москва, 2022. С-379.

8. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Эффективность использования машинотракторного парка предприятия. / В сборнике: Доклады ТСХА. Материалы международной научной конференции. 2018. Москва. С. 297-299.

9. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К., Сергеев Г.А., Казимирчук А.Ф. Основы технологии изготовления деталей транспортных и технологических машин. / Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190207-"Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды"/ Издат. МГУП. Москва. 2008. С. 238.

10. Martynova N., Telovov N., Toigambayev S., Shavazov K., Yusupov S. Machine for carrying works on deep loosening of soil with the simultaneous application of liquid organic fertilizers. / В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.1. Сер. "1st International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2020" 2020. С. 012145.