



ТРАНСПОРТ

НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ № 5 (35) 2013
ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



**СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА, БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕОБОРУДОВАНИЯ
И ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Эксклюзивный проект СТЦ "САРЫЧ" для РОССИИ



*Линия технического освидетельствования баллонов
НО - 118 К (элемент СИСТЕМЫ)*

*производительность 5000 баллонов в год
с полной механизацией и безопасностью труда*

ООО СТЦ "САРЫЧ" (8452) 40-22-58; +7-965-880-68-90, asarithev@mail.ru г. Саратов

Газовая техника в сельском хозяйстве: плюсы очевидны

Экономика автотранспортного предприятия

По «Шелковому пути» на газе

**Международный научно-технический журнал
«Транспорт на альтернативном топливе»
№ 5 (35) / 2013 г.**

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору
в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны
культурного наследия.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30114

Учредитель и издатель

НП «Национальная газомоторная
ассоциация» (НГА)

Периодичность

6 номеров в год

Главный редактор

П.Г. Цыбульский

генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

Члены редакционной коллегии

Б.В. Будзуляк

председатель Комиссии по использованию при-
родного и сжиженного нефтяного газа в качестве
моторного топлива, д.т.н.

В.И. Ерохов

профессор «МАМИ», д.т.н.

Р.З. Кавтарадзе

профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

Т.В. Климова

начальник службы по связям с общественностью
и СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

С.И. Козлов

профессор, д.т.н.

С.В. Люгай

директор Центра использования газа
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,
исполнительный директор НГА

В.А. Марков

профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

А.В. Николаенко

ректор «МАМИ», профессор, д.э.н.

Ю.В. Панов

профессор МАДИ, к.т.н.

Н.Н. Патрахальцев

профессор Российского университета дружбы
народов, д.т.н.

Е.Н. Пронин

член совета НГА

В.Л. Стативко

вице-президент НГА, к.т.н.

В.Н. Фатеев

зам. директора НИЦ «Курчатовский институт», д.х.н.

Редактор

О.А. Ершова

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

Тел. 8 965 439-80-23

Отдел подписки и рекламы

М.И. Амурская

E-mail: transport.2@ngvrus.ru

Компьютерная верстка

Ф.А. Игнащенко

Адрес редакции:

142717, Московская обл., Ленинский р-н,
п. Развилка, а/я 253
Тел. 8 965 439-80-23 • www.ngvrus.ru

Этот журнал подготовлен с готовых диапозитивов в ООО «Принт-Лидер»,
117186, Москва, ул. Нагорная, д. 15, корп. 8
номер заказа
Сдано на верстку 25.08.2013 г.
Получено в печать 25.09.2013 г.
Размер листа 60х90 1/8. Тираж 3000 экз. Бумага мелованная.
Где-то офсетная, печ. л. 10,5

При перепечатке материалов ссылка на журнал
«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации,
опубликованной в рекламных материалах.

**На обложке: реклама
ООО СТЦ «САРЫЧ»**

В НОМЕРЕ:

Перечень поручений Президента Российской Федерации
по итогам совещания по вопросу расширения использования газа
в качестве моторного топлива 14 мая 2013 г. 3

Распоряжение от 13 мая 2013 г. № 767-р
«О регулировании отношений в сфере
использования газового моторного топлива» 5

Г.С. Савельев, А.Д. Шапкайтц, В.В. Подосинников, А.А. Медведев
Сельскохозяйственные тракторы, работающие на метане 7

**С.В. Люгай, А.А. Евстифеев, В.В. Тимофеев,
М.Л. Балашов, Ю.Н. Дрыгина**
Сравнение экономических показателей при использовании
жидкого моторного и газомоторного топлив 14

В.Н. Коноплев, А.П. Латышев, А.Е. Лысенко, К.С. Мирошников
Обновление автобусного парка путем замены
на автотранспортные средства, использующие КПП 20

В.А. Марков, Е.В. Бебенин, Е.Ф. Поздняков
Сравнительная оценка альтернативных топлив для дизельных двигателей 24

А.И. Цаплин, С.В. Бочкарев, И.Г. Друзьякин
Управление подачей СПГ в топливной системе двигателя 30

В.В. Московкин, М.Н. Гуров, А.С. Шкель
Автомобиль «Лада» – рекордсмен мира по топливной экономичности 33

На газе через пустыню 37

Вторая жизнь АГНКС 40

Новости отрасли 43

С.А. Сахаров, Е.Н. Пронин
Золотой век метана на марше 45

Автопробег газовых автомобилей «Голубой коридор – 2013: Ганза» 49

Автобусы заправятся от дороги 50

В Португалии появились электровелосипеды 51

Америка пересаживается на электромобили 52

Новые возможности и новые перспективы выставки GasSUF 53

С.В. Лохоткин
Использование альтернативных топлив
в двигателях внутреннего сгорания 56

Я.С. Мкртычан, Р.Р. Батыршин, С.В. Люгай, Д.В. Селиванов
Перспективы создания нового поколения
грузовых газомоторных автомобилей 60

В.И. Карагузов, В.Л. Юша, И.В. Карагузов
Использование холода газификации природного газа
для кондиционирования на транспорте 66

В.М. Фомин, Ф.А. Шустров
Изучение особенностей кинетики окисления азота
в двигателе с послойным смесеобразованием 68

И.К. Александров
Определение дополнительных энергетических потерь
при движении поезда по кривой 72

Abstracts of articles 76

Авторы статей в журнале №5 (35) 2013 г. 78





Сельскохозяйственные тракторы, работающие на метане

Г.С. Савельев, профессор, зав. лабораторией ГНУ ВИМ, д.т.н.,

А.Д. Шапкайтц, ведущий научный сотрудник ЗАО «НПП Криосервис», к.т.н.,

В.В. Подосинников, к.т.н.,

А.А. Медведев, гл. инженер ФГБУ «Поволжская МИС», к.т.н.

Изложены результаты работ по созданию опытных образцов сельскохозяйственных тракторов, работающих на компримированном и сжиженном природном газе, представлены результаты стендовых, приемочных и эксплуатационных испытаний. Приведены сравнительные результаты испытаний газодизельных тракторов с механическими и электронными системами регулирования подачи газа, а также результаты определения коммерческой эффективности тракторов с газодизельными и газоискровыми двигателями.

Ключевые слова: компримированный и сжиженный природный газ, газодизельный двигатель, газоискровой двигатель, система регулирования подачи газа.

Непредсказуемый рост цен на традиционные моторные топлива (в 4 раза за 10 лет) и растущий дисперситет цен на топливо и сельхозпродукцию стимулируют применение альтернативных топлив. В настоящее время наиболее реальной альтернативой нефтяным моторным топливам являются газомоторное топливо, биотопливо на основе растительных масел и спиртов, а также жидкое синтетическое топливо из биомассы.

В России основным стимулом расширения использования газомоторного топлива (ГМТ) является его более низкая (в 2 раза) цена по сравнению с нефтяным. Ограниченная инфраструктура заправки и хранения ГМТ, увеличенные массогабаритные параметры бортовых газотопливных систем и связанная с этим меньшая длительность работы на одной

заправке в определенной степени сдерживают использование ГМТ. Однако имеющиеся в России ресурсы газа, в значительной степени превосходящие ресурсы нефти, реализуемые и намеченные на перспективу целевые комплексные программы развития газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе, существующие тенденции и темпы развития ГМТ за рубежом дают основания уверенно прогнозировать в ближайшей перспективе расширение использования газомоторного топлива в автотракторной технике.

В совместной лаборатории ГНУ ВИМ Россельхозакадемии и ООО «Газпром ВНИИГАЗ», функционировавшей в 1994-2008 гг., разработана конструкторская документация, изготовлены образцы основных моделей тракторов К-701, Т-150К, МТЗ-82, ЮМЗ-6,

ДТ-75 (рис. 1) и автомобилей ЗИЛ (рис. 2), работающих на компримированном природном газе (КПГ). Образцы проходили приемочные испытания на машиноиспытательных станциях [1].

Эксплуатационные испытания тракторов, работающих на ГМТ, проводились в Ставропольском крае, Рязанской, Саратовской и Свердловской областях.

Для заправки тракторов КПГ разработаны и изготовлены передвижные автомобильные газозаправщики (ПАГЗ) на базе полуприцепа к автомобилю КАМАЗ и автомобиля ЗИЛ с прицепом. Последние используются для заправки газом в поле, а при сложных дорожных условиях ПАГЗ на базе прицепа может транспортироваться трактором.

Газодизельные тракторы отличаются от базовых увеличенной эксплуатационной массой за счет установки



Рис. 1. Работающие на КПГ газодизельные тракторы К-701, МТЗ-82, ДТ-75 на пахоте в Ставропольском крае





газобаллонной аппаратуры и длительностью работы на одной заправке топливом. Увеличение эксплуатационной массы при установке стальных баллонов из легированной стали у различных тракторов составляет 7...9 %, при металлопластиковых баллонах – 4,6...6,2 %.

Одной из главных проблем перевода тракторов на КПГ является размещение необходимого числа баллонов при соблюдении следующих условий [2]:

- сохранение всережимного регулирования частоты вращения коленчатого вала двигателя, работающего на ГМТ;
- возможность агрегатируемости трактора с основным комплексом сельхозмашин и транспортными средствами;
- соответствие требованиям стандартов по нормам воздействия движителей на почву и безопасности труда;
- удобство проведения технического обслуживания;
- распределение массы тракторов по осям без ухудшения тягово-динамических показателей и навесоспособности сельхозмашин;
- обеспечение габаритов трактора в пределах нормируемых показателей (при установке баллонов они не должны по ширине выходить за транспортный габарит 2,5 м или габариты базового трактора);
- сохранение возможности использования аварийных мобилизационных люков и открывания окон кабины;
- возможность использования у трактора вала отбора мощности (ВОМ) для привода активных рабочих органов мобильных и стационарных сельхозмашин.

Соблюдение всех указанных выше условий в полной мере не всегда возможно. Особенно сложно обеспечить выполнение требований стандартов по нормам воздействия движителей на почву без их модернизации ввиду



Рис. 2. Работающие на КПГ газодизельный автомобиль ЗИЛ-432900 и автомобиль ЗИЛ-5301 с конвертированным газовым двигателем и зажиганием от искры

того, что базовые дизельные тракторы не всегда удовлетворяют этим нормам. Поэтому представляет интерес оценка уровня изменения воздействия движителей на почву за счет увеличения эксплуатационной массы трактора при установке баллонов для КПГ. Такая оценка была проведена применительно к газодизельному трактору Т-150К с десятью газовыми баллонами из легированной стали, установленными на его заднюю полураму, с общей массой 795 кг.

Результаты оценки показали – увеличение массы трактора за счет установки баллонов для КПГ не привело к повышению плотности почвы *высокой влажности, что объясняется* увеличением пятна контакта шин с почвой при росте нагрузки на них, а также эффектом дилатансии, который приводит к раздавливанию почвы и снижению ее твердости. При исследованиях на стерне с влажностью физической спелости почвы наблюдается незначительное ухудшение почвенных характеристик: увеличение твердости почвы на 7,8 % и сопротивления вспашке на 2,4 %; снижение коэффициента крошения пласта на 3,9 %. Эти незначительные негативные последствия устраняются при комплектации трактора шинами большего размера.

При установке баллонов над кабиной газодизельного трактора МТЗ-82 уменьшается угол поперечной статической устойчивости в пределах допустимого на 2° (до 33°) и затрудняется открытие люка на крыше для очистки воздушного фильтра системы нормализации микроклимата. При

установке баллонов в виде двух кассет на задних полурамах тракторов «Кировец» и Т-150К с просветом по продольной оси отмечается частичное уменьшение обзорности позади трактора, при этом видимость навесного устройства и агрегируемых с трактором сельхозмашин сохраняется.

Конструкция секции позволяет демонтировать баллоны для пересвидетельствования без демонтажа кассеты. Расположение кассет с баллонами по бокам с просветом позволяет осуществлять их ремонт и техническое обслуживание, а также обеспечивает нормальное функционирование ВОМ.

По результатам приемочных испытаний газобаллонного трактора К-701 в РосНИИТиМ дано заключение, что элементы бортовой газотопливной системы не затрудняют доступ в кабину и к местам обслуживания трактора, оборудование газобаллонной аппаратурой тракторов «Кировец» и Т-150К не влияет на их агрегатируемость с основным комплексом навесных, полунавесных, прицепных сельхозмашин и транспортными средствами. Догрузка заднего моста трактора К-701 при установке баллонов на заднюю полураму трактора улучшает развесовку по осям. По данным испытаний, при работе этого трактора на полях с неровным рельефом за счет снижения вертикальных колебаний на рабочем месте механизатора повышается производительность, улучшаются условия его труда. При установке баллонов на сельскохозяйственных тракторах не увеличиваются габариты тракторов,





за исключением габарита по высоте при монтаже баллонов на крыше кабин у тракторов МТЗ-80, ЮМЗ-6, ЛТЗ-55 и ДТ-75.

Энергетические и топливно-экономические показатели газодизелей

По газовому топливу газодизель имеет внешнее смесеобразование и возможность получения гомогенной смеси во всасывающем тракте. Это позволяет работать на более низких по сравнению с дизелем коэффициентах избытка воздуха и при соответствующих подачах газового топлива обеспечивает возможность получения у газодизеля мощности на 20...30 % больше мощности базового дизеля.

Перефорсировка газодизеля по мощности может привести к увеличению теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы, что приведет к подплавлению поршней и выходу из строя других деталей. Поэтому при переоборудовании дизелей в газодизели необходимо предусматривать исключение возможности перефорсировки газодизеля по мощности за счет увеличения подачи газа в процессе эксплуатации. Для этого целесообразно снабжать газодизель блокировочными системами по теплонапряженности. В качестве управляющего параметра в этих системах может служить температура отработавших газов (ОГ), давление наддува и расход топлива. Использование электронных систем регулирования топливоподачи позволяет реализовать ограничения как по отдельным параметрам, так и по их комплексу. Наиболее простым управляющим параметром является температура ОГ. При превышении допустимой температуры блокировочная система должна снижать подачу газового топлива или подавать соответствующий сигнал о необходимости регулировки топливоподачи. Особенно чувствительны к перефорсировке газодизели с наддувом, как правило,

из-за более высокой теплонапряженности базового дизеля.

Двигатель развивает практически одинаковую максимальную мощность в режиме газодизеля (203 кВт) и дизеля (202 кВт). Частота вращения КВ при максимальной мощности в режиме газодизеля (1880 мин⁻¹) меньше, чем в дизельном режиме (1920 мин⁻¹), а максимальная частота вращения КВ холостого хода у газодизеля (2090 мин⁻¹) выше, чем у дизеля (2060 мин⁻¹).

Степень неравномерности регулятора δ по ГОСТ 18509 у газодизеля с механической системой регулирования газоподдачи выше (8,7 %), чем у дизеля (5,5 %).

Величина запальной дозы дизельного топлива (ДТ) газодизеля, выраженная в процентах, определяется отношением величины запальной дозы ДТ в газодизельном режиме к номинальному расходу ДТ. Для увеличения замещения дизельного топлива газовым и повышения эффекта

уменьшения затрат на топливо величину запальной дозы целесообразно снижать. Снижение величины запальной дозы ограничивается возможностью воспламенения газозадушной смеси, особенно на режимах малых нагрузок. Кроме того, необходимо учитывать снижение цикловой подачи ДТ при уменьшении частоты вращения за счет возрастания утечек в зазорах плунжерных пар, что также приводит к необходимости устанавливать величину запальной дозы не менее 17...20 % для существующей отечественной серийной дизельной топливной аппаратуры.

Снижению величины запальной дозы способствуют мероприятия по улучшению равномерности работы цилиндров при работе на ее цикловых подачах. С этой целью при переоборудовании дизелей на газодизельный режим проводится регулировка топливного насоса высокого давления (ТНВД) для снижения

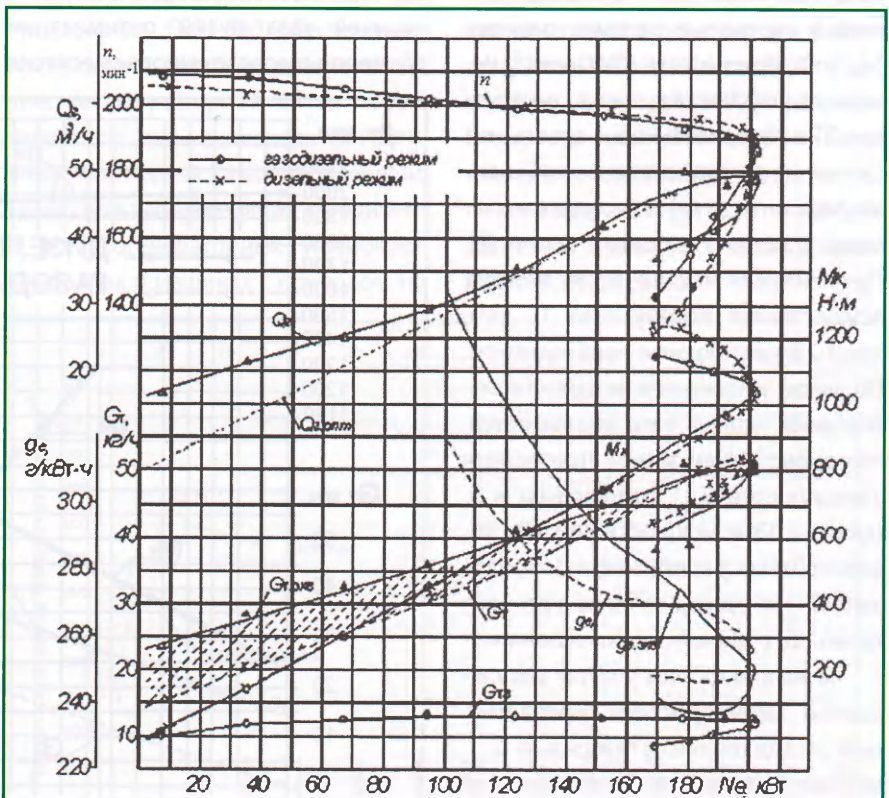


Рис. 3. Внешняя регуляторная характеристика дизеля ЯМЗ-240Б в газодизельном режиме трактора К-701 с механической системой управления подачей газа при следующих условиях испытаний: $t_{\text{опн}}=21...23\text{ }^{\circ}\text{C}$; $p_{\text{свп}}=100,3\text{ кПа}$; $p_{\text{свг}}=52...46\text{ \%}$



неравномерности цикловых подач между секциями на режиме запальной дозы, так как у дизеля минимальная неравномерность цикловых подач обеспечивается на номинальных цикловых подачах ДТ. Кардинальное снижение величины запальной дозы ДТ может быть достигнуто у дизелей с высоким давлением впрыска при аккумуляторной системе топливоподачи типа Common Rail.

Из представленной на рис. 3 внешней регуляторной характеристики газодизеля ЯМЗ-240Б трактора К-701 при работе в дизельном и газодизельном режимах с механической системой регулирования газоподачи видно, что запальная доза ДТ ($G_{T_{\text{эвб}}}$) остается примерно одинаковой – 12,3 кг/ч в широком диапазоне мощности на регуляторной ветви характеристики.

Величина запальной дозы на режиме максимальной частоты холостого хода (ХХ) 2090 мин⁻¹ снижается до 9,75 кг/ч, что меньше расхода топлива в дизельном режиме, равного 14,8 кг/ч при частоте 2060 мин⁻¹. Исходя из указанной разницы в расходах ДТ в газодизельном и дизельном циклах на данном режиме необходимо подавать газ 4,4 кг/ч с учетом разницы в теплоте сгорания газа и ДТ. Применяемая механическая система осуществляет подачу газа 11 кг/ч, что в 2,5 раза больше необходимого. По мере увеличения мощности избыточная подача газа уменьшается, что видно из характера протекания зависимостей $G_{T_{\text{эвб}}}$ (газодизель) и G_T (дизель). При мощности 180 кВт эквивалентный расход топлива газодизеля $G_{T_{\text{эвб}}}$ и расход топлива в режиме дизеля G_T становятся одинаковыми.

На корректорном участке регуляторной характеристики эквивалентный расход топлива у газодизеля $G_{T_{\text{эвб}}}$ меньше, чем у дизеля G_T , что приводит к более низким значениям крутящего момента на этом участке у газодизеля и соответствующему снижению коэффициента запаса крутящего момента

по ГОСТ 18509 у газодизеля (9,7 %) по сравнению с дизелем (22,9 %).

Избыточная подача газа при механической системе регулирования на рис. 4 показана заштрихованной площадью между зависимостями часового расхода топлива у газодизеля $G_{T_{\text{эвб}}}$ и дизеля G_T . Следует отметить, что на корректорной ветви характеристики эквивалентный удельный расход топлива у газодизеля $g_{e_{\text{эвб}}}$ меньше, чем g_e у дизеля. При этом происходит снижение запальной дозы ДТ вследствие уменьшения частоты вращения КВ и возрастания утечек топлива через зазоры плунжерной пары.

Штрихпунктирной линией на рис. 4 показана зависимость от мощности оптимальной подачи газа для исключения перерасхода газа на регуляторной ветви характеристики. Однако обеспечить оптимальное регулирование подачи газа во всем диапазоне нагрузок с механическим приводом дозатора и эжекторной подачей газа путем оптимизации размеров газозвдушного смесителя

и профиля штока дозатора газа весьма проблематично.

Оптимизация подачи газа на регуляторной и корректорной ветвях регуляторной характеристики в полной мере обеспечивается при электронной системе управления подачей газа. Из сравнения данной характеристики и характеристики с механической системой регулирования (см. рис. 4) видно, что электронная система регулирования четко формирует регуляторную характеристику газодизеля, полностью идентичную дизельной характеристике. Эквивалентный и удельный расходы топлива у газодизеля на регуляторной ветви характеристики практически совпадают с расходом топлива дизеля, то есть топливная экономичность газодизеля на регуляторной ветви одинакова с тем же параметром дизеля, на корректорной ветви топливная экономичность у газодизеля – 213 г/(кВт·ч) – лучше, чем у дизеля – 226 г/(кВт·ч).

Характер зависимости крутящего момента у газодизеля и дизеля

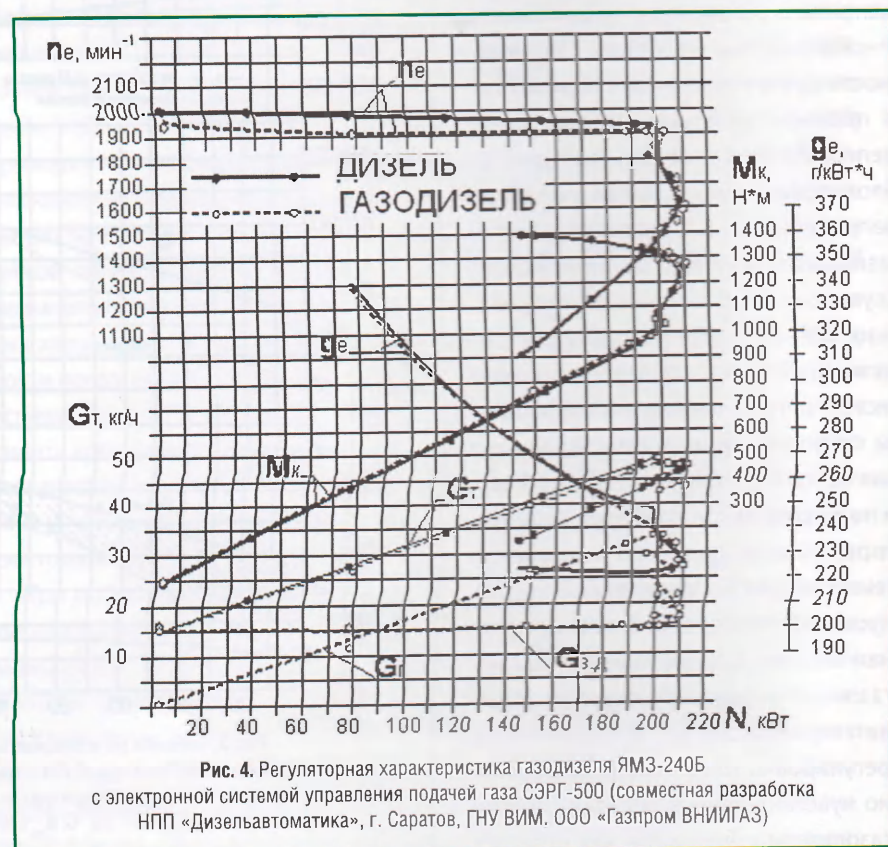


Рис. 4. Регуляторная характеристика газодизеля ЯМЗ-240Б с электронной системой управления подачей газа СЭРГ-500 (совместная разработка НПП «Дизельавтоматика», г. Саратов, ГНУ ВИМ. ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Таблица 1

Энергетические и топливно-экономические показатели двигателя СМД-62 в дизельном и газодизельном режимах

Основные показатели	Газодизель	Дизель
При холостом ходе		
Частота вращения, мин ⁻¹	2258	2260
Расход топлива, кг/ч	8,17	8,20
При максимальной мощности		
Мощность, кВт / при частоте вращения, мин ⁻¹	123,8 / 2080	121,1 / 2095
Расход топлива, кг/ч	29,3	30,4
В том числе газа, м ³ /ч	23,5	—
Запальная доза ДТ, кг/ч	10,5	—
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	236,6	251,0
При максимальном крутящем моменте		
Крутящий момент, Нм / при частоте вращения, мин ⁻¹	735,6 / 1420	646,0 / 1510
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	217,5	245,8
Корректорный запас крутящего момента, %	29,5	17,0

идентичен. Частота вращения на регуляторной ветви у газодизеля в диапазоне от максимальной мощности до холостого хода остается близкой к постоянной величине до выключения подачи газа на режиме ХХ, после чего двигатель выходит на дизельный режим с соответствующим изменением частоты вращения.

Аналогичные результаты получены при испытаниях газодизельного трактора Т-150К с дизелем СМД-62 и электронной системой регулирования газоподачей СЭРГ-500 (табл. 1). В газодизельном режиме также был получен более высокий корректорный коэффициент запаса крутящего момента (29,5 %) в сравнении с дизельным режимом (19 %).

При переоборудовании дизеля Д-243 трактора МТЗ-82 на газодизельный режим применяется как простая по конструкции эжекторная система смесеобразования с механическим приводом плунжерного дозатора от штатного всережимного регулятора, так и микропроцессорная система СЭРГ-500.

При стендовых испытаниях снимались регуляторные и скоростные характеристики трех вариантов двигателя (дизель, газодизель, газовый двигатель с зажиганием от искры), что позволило определять расходы топлива с минимальной погрешностью и повышать достоверность расчетов коммерческой эффективности.

Максимальная мощность в газодизельном режиме (59,9 кВт) незначительно отличается от мощности базового дизеля (58,2 кВт). Но механическая система регулирования газоподачи не позволяет получить необходимый коэффициент запаса крутящего момента, который согласно ГОСТ для тракторов должен быть не менее 15 %. Для его достижения необходимо использование в газодизеле более дорогой микропроцессорной системы всережимного регулирования газоподачи СЭРГ-500, при которой

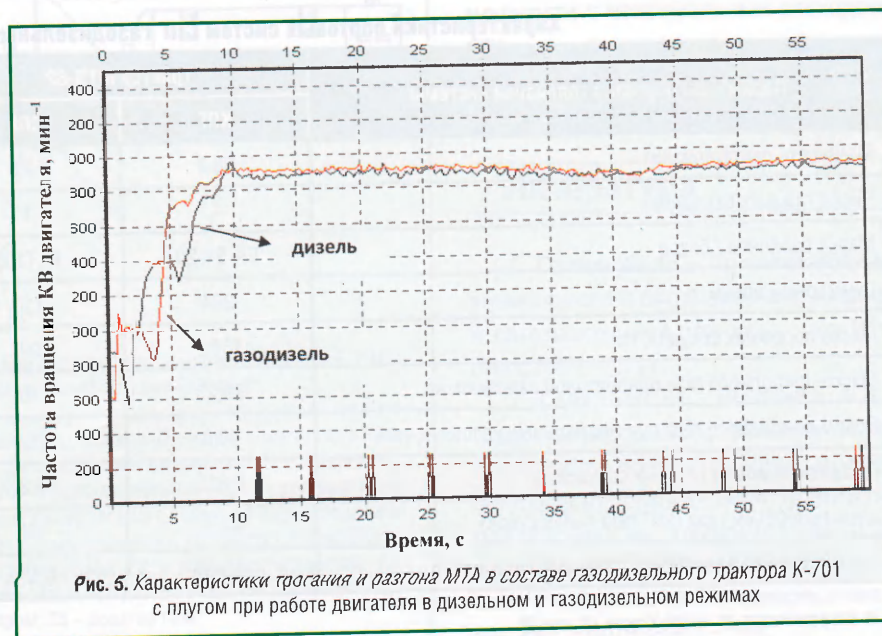
обеспечивается коэффициент запаса крутящего момента 20 %.

При этом мощность газодизеля (56,4 кВт) также близка к мощности дизеля (57,1 кВт), удельный расход топлива в газодизельном и дизельном режимах практически одинаков и равен соответственно 238 и 237 г/(кВт·ч).

Микропроцессорная система регулирования СЭРГ-500 обеспечивает постоянство частоты вращения на участке регуляторной ветви характеристики, где производится регулируемая подача газа, что особенно ценно при использовании газодизеля в электрогенераторных установках, комбайнах и машинах с приводом ак-

тивных рабочих органов, требующих постоянной частоты вращения при переменной нагрузке.

Преимущества газотопливной системы с микропроцессорной системой управления подтверждаются также испытаниями по определению характеристик трогания и разгона машино-тракторного агрегата (МТА) с плугом и транспортным агрегатом при работе газодизельного трактора К-701 в дизельном и газодизельном режимах. Результаты испытаний показали полную идентичность характеристик трогания и разгона агрегатов при работе двигателя в дизельном и газодизельном режимах (рис. 5).



Переоборудование тракторов для работы на сжиженном природном газе (СПГ)

Одними из главных недостатков переоборудования тракторов на КПГ являются недостаточная величина одноразовой заправки газом и увеличенная эксплуатационная масса трактора за счет установки газовых баллонов. Данные недостатки в значительной степени устраняются при использовании СПГ.

В ГНУ ВИМ, ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и Поволжской МИС разработаны, изготовлены и испытаны опытные образцы газодизельных тракторов МТЗ-82 и К-701, работающих на КПГ и СПГ (рис. 6).

На тракторе МТЗ-82 установлен бак БКТ-100 объемом 100 л с вакуумной изоляцией, на тракторе К-701 – два или один бак БКТ-300 в зависимости от необходимой длительности работы на одной заправке. Оба бака производства ОАО «НПО Гелиймаш».

Технические характеристики бортовых систем питания СПГ в сравнении с системами КПГ при использовании этих баков представлены в табл. 2. Данные таблицы показывают, что применение СПГ по сравнению с КПГ обеспечивает:



Рис. 6. Тракторы К-701 и МТЗ-82, работающие на СПГ

- увеличение объема одноразовой заправки в 2,8-3,5 раза при использовании СПГ по сравнению с КПГ при одинаковых габаритах газовых сосудов;

- уменьшение массы газобаллонного оборудования при одинаковой величине одноразовой заправки в связи с тем, что масса баллонов КПГ в 2 раза (при металлопластиковых баллонах) и 5 раз (при стальных легированных баллонах) больше массы баков СПГ, соответственно при одинаковой массе сосудов объем одноразовой заправки СПГ будет больше на такие же величины.

При увеличении объема одноразовой заправки преимущества СПГ возрастают, так как с увеличением объема бака СПГ в меньшей степени увеличивается удельный объем арматурного отсека.

С исчезновением вторичного рынка дешевых баллонов, а также с переходом на дорогие стальные и металлопластиковые отечественные и импортные баллоны стоимость переоборудования на КПГ и СПГ практически сравнялась.

Система для СПГ в отличие от бортовой системы КПГ не имеет редукторов высокого и низкого давления, так как давление газа на входе в дозатор системы СПГ поддерживается постоянным за счет арматурного блока бака. Вместо баллонов КПГ установлены баки для СПГ 12 (рис. 7) с теплообменниками-испарителями 8 для подогрева СПГ.

В качестве теплоносителя используется охлаждающая жидкость системы охлаждения двигателя. Ввиду того, что баки и теплообменники устанавливаются на задней полураме трактора на расстоянии 3 м от двигателя, для

Таблица 2

Характеристики бортовых систем СПГ газодизельных тракторов

Параметры бортовой топливной системы	Трактор МТЗ-82		Трактор К-701	
	КПГ	СПГ	КПГ	СПГ
Мощность двигателя, кВт	58,8	58,8	198,5	198,5
Число газовых баллонов	4	1	18 стальных	1 или 2
Марка баллонов / баков	БА-51-20	БКТ100	БТ-51-20	БКТ-300
Суммарный объем, л	204	110	900	325/650*
Масса порожних сосудов, кг	135,6	92	844	145/290*
Масса природного газа одноразовой заправки, кг	29,25	40	129	120/240*
Объем природного газа при нормальных условиях, м ³	40,8	55,8	180	168/336*
Габаритный объем газовых сосудов, м ³	0,615	0,3	2,66	0,71/1,42*
Удельный объем газа (м ³ газа / м ³ сосудов)	66,3	186	67,7	237
Удельная масса газа (масса газа/масса сосуда)	0,216	0,434	0,153	0,827

* В зависимости от числа баков (1 или 2).

Таблица 3

Энергетические и топливно-экономические показатели трактора К-701 с бортовой топливной системой СПГ по результатам испытаний в Поволжской МИС

Показатель	Дизель	Газодизель
Максимальная мощность двигателя в комплектации, соответствующей эксплуатационной мощности, кВт	205,3	205,1
Частота вращения КВ двигателя при максимальной мощности, мин ⁻¹	1918	1841
Часовой расход топлива при максимальной мощности, кг/ч	54,1	18,6/35,6*
Удельный расход топлива при максимальной мощности, г/(кВт·ч)	264	97/180*
Корректорный коэффициент запаса крутящего момента, %	18,4	19,1
Максимальная частота вращения КВ двигателя на холостом ходу, мин ⁻¹	2112	2025
Часовой расход топлива при максимальной частоте вращения КВ на холостом ходу, кг/ч	18,6	18,6
Средние за время испытаний атмосферные условия		
температура, °С	20	19
давление, кПа	102	102
относительная влажность, %	65	65
Максимальная температура, °С		
охлаждающей жидкости	85	77
топлива	21	22
масла	90	98

* В числителе – расход дизельного топлива, в знаменателе – расход газа.

интенсификации подвода теплоты от системы охлаждения двигателя к теплообменнику 8 требуется установка дополнительного насоса с электроприводом.

Для включения ограничителя запальной дозы 30 в него подается газ по трубопроводу 33 после открытия клапана-фильтра 32. Контроль открытия клапана и включения ограничителя запальной дозы осуществляется за счет датчика давления газа 31.

Отмеченные преимущества бортовых систем питания СПГ подтверждены результатами испытаний образцов тракторов К-701 и МТЗ-82, работающих на СПГ. Трактор К-701 прошел приемочные испытания в Поволжской МИС (см. рис. 6).

Мощностные и топливно-экономические показатели по результатам торможения газодизельного двигателя трактора К-701 с бортовой топливной системой СПГ представлены в табл. 3. Двигатель в газодизельном режиме развивает одинаковую

с дизельным режимом мощность 205 кВт, корректорный запас крутящего момента на 4 % выше по сравнению

с дизельным режимом. Удельный расход топлива при максимальной мощности в газодизельном режиме (суммарный 277 г/кВт·ч) на 5 % больше чем в дизельном (264 г/кВт·ч).

Благодаря испытаниям трактора выявлена необходимость тщательной проработки процесса подогрева СПГ в теплообменнике при использовании теплоты от системы охлаждения двигателя. На режиме максимальной мощности с максимальным расходом СПГ в застойных зонах теплообменника происходит замерзание антифриза (в данном случае тосола).

Литература

1. Савельев Г.С. Применение газомоторного и биодизельного топлив в автотракторной технике. – М.: ГНУ ВИМ, 2009. – 213 с.

2. Савельев Г.С., Шапкайтц А.Д., Подосинников В.В., Коклин И.М. Руководство по организации и проведению переоборудования тракторов для работы на компримированном природном газе. Министерство сельского хозяйства и продовольствия. ВРД 39-1.20-019-2000. – 78 с.

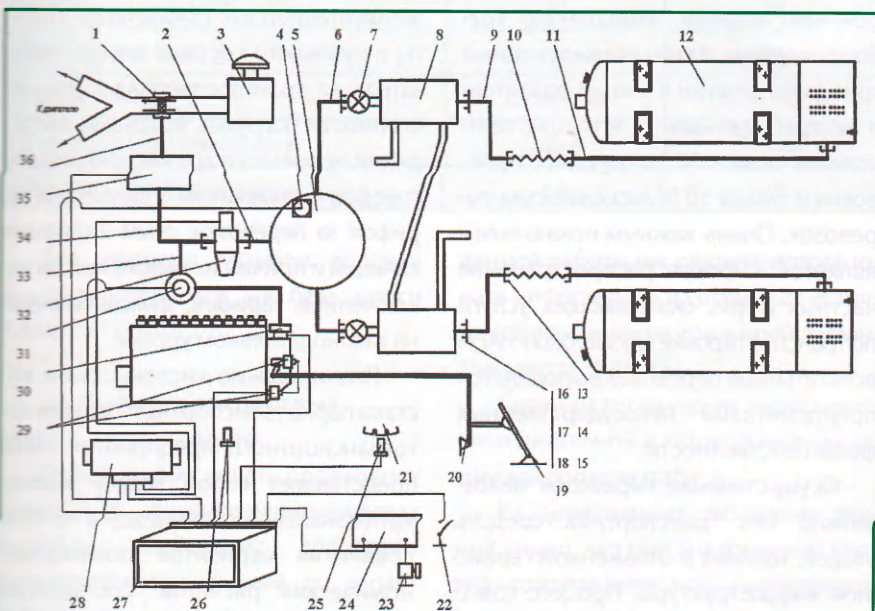


Рис. 7. Принципиальная схема бортовой топливной системы газодизельного трактора К-701, работающего на СПГ, для варианта с двумя баками БКТ-300:

1 – распылитель газа; 2, 6, 9, 11, 33, 34, 36 – газовые магистрали; 3 – воздушный фильтр двигателя; 4 – датчик температуры газа; 5 – карман газовых коллекторов; 7 – магистральный шаровый кран; 8 – теплообменник-испаритель; 10 – гибкий металлорукав; 12 – бак для СПГ; 13-18 – соединительная газовая арматура; 19, 20 – педаль управления подачей топлива; 21 – зубчатый венец маховика; 22 – тумблер включения газодизельного режима; 23 – выключатель массы; 24 – аккумуляторная батарея; 25 – датчик частоты вращения; 26 – датчик температуры двигателя; 27 – блок автоматического контроля системы; 28 – усилитель мощности; 29 – педальный задатчик; 30 – механизм ограничения запальной дозы; 31 – датчик давления газа; 32 – электромагнитный газовый клапан с фильтром; 35 – дозатор газа