

**Б. П. Загородских<sup>1</sup>, В. П. Захаров<sup>2</sup>, Н. А. Ченцов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный аграрный университет  
им. Н. И. Вавилова  
г. Саратов, Россия

<sup>2</sup>Западно-Казахстанский инженерно-гуманитарный университет  
г. Уральск, Казахстан

## **ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРОВ, ОСНАЩЕННЫХ ГАЗОБАЛЛОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ**

---

---

**Аннотация.** Статья посвящена использованию газообразного топлива в автотракторном машиностроении. Обоснованы оптимальные условия эксплуатации тракторов, оснащенных газобаллонным оборудованием, на основе существующего опыта. Приведен метод сравнения выходных показателей дизеля при работе по дизельному и газодизельному циклу. Перевод техники на газообразное топливо позволяет существенно снизить выбросы токсичных веществ в атмосферу (более 30 %) и сэкономить средства операторам техники до 400 тыс. руб. в год при незначительных снижениях мощностных показателей (менее 5 %). Разработаны системы с центральной и распределенной подачей газообразного топлива при работе по дизельному и газодизельному циклу. Наиболее эффективно применение данных систем подачи газообразного топлива (природного газа) для тракторов малого тягового класса типа МТЗ-80/82 по сравнению с другими альтернативными видами топлива, в том числе и восстанавливаемыми.

**Ключевые слова:** газообразное топливо, газ, дизель, метан, топливная аппаратура.



**Түйіндеме.** Бұл мақала автотракторлы машинажасауда газтекес жанармайды қолдануға арналған. Ғылыми зерттеудің мақсаты: Белгілі тәжірибе негізінде газбаллонды құрылғымен жабдықталған тракторларды пайдаланудың мейлінше оңайлы жағдайларын негіздеу. Бұл жұмыс дизельді, газдыдизельді және газды циклмен жұмыс жасау кезінде отын беру жүесін және қозғалтқышты басқаруды жобалаумен айналысып жүрген ғалымдар-

ға арналған. Әдістемесі: Жоғарыда айтылған тұжырымдама дизельді және газды дизельді циклы бойынша жұмыс кезінде дизельдің шекті көрсеткіштерін салыстыру әдісіне негізделген. Техниканы газтекес жанармайға көшіру атмосфераға уытты заттардың шығарылуын айтарлықтай төмендетуге (30 % жоғары) және қуат көрсеткіштерін әсіре көп төмендетпестен (50 % аз) техника операторларына жылына 400 мың рубльге дейін қаржы үнемдеуге мүмкіндік береді. Газ текес жанармайды орталықты және бөлшекпен беру жүйесін зерттеу және дизельді қозғалтқыштарда компримирленген табиғи газын қолдану жүйенің одан әрі жетілдірілуі үшін оны өндіріске енгізу туралы объективті түсінік алуға мүмкіндік береді. Жұмыс қорытындысының тәжірибелік маңызы: дизельді және газдыдизельді циклдері бойынша жұмыс жасау кезінде газтекес жанармайын орталықты және бөлшектеп беру бойынша жүйелер дайындалған. Газ текес жанармайлы (табиғи газ) отын берудің осы жүйесін МТЗ-80/82 типті тракторлар үшін қолдану өзге альтернативті жанармай түрлерімен салыстырғанда, соның ішінде қалпына келетіндерімен де, барынша тиімді болып табылады. Газтәрізді отынның берілуі орталықтандырылған жүйені зерттеу және сығылған газды дизель қозғалтқыштарында қолдану.

**Түйінді сөздер:** газтәрізді отын, газ, дизель, метан, отын аппаратурасы.



**Abstract.** The value of the study is that the study of systems with central and distributed supply of gaseous fuels and the use of compressed natural gas in diesel engines allows you get an objective view of the implementation of the system in production for its further improvement. Systems have been developed with central and distributed supply of gaseous fuel when operating on diesel and gas-diesel cycle. The most effective use of these systems supply of gaseous fuels (natural gas) for small tractor drawbar category of MTP-80/82 as compared to other alternative kinds of fuels, including restorable ones.

**Key words:** Gaseous fuel, gas, diesel, methane, fuel equipment

**Введение.** За последнее десятилетие использование природного газа (метана) в качестве топлива для различных видов техники во всем мире выросло на порядок. В качестве моторного топлива природный газ широко используется прежде всего в странах, имеющих собственные газовые месторождения и озабоченных проблемами энергетической и экологической безопасности и экономической стабильности. К таким странам относятся Пакистан, Аргентина, Бразилия, Индия, Китай и США. Набирает

обороты потребление природного газа и в странах Таможенного союза.

**Цель** – обобщение опыта использования природного газа (метана) в качестве топлива для сельскохозяйственных тракторов [1].

Наиболее простым и приемлемым способом перевода дизеля для работы на газообразном топливе в сельском хозяйстве является использование газодизельного цикла, так как при этом не требуются значительные изменения конструкции двигателя, сохраняется серийная топливная аппаратура и способность работать как на дизельном топливе, так и на его смеси с компримированным (КПГ) или сжиженным природным газом. Для этого на технику устанавливается оборудование, состоящее из баллонов, предназначенных для перевозки запаса газообразного топлива, системы вентилей и редуцирования, а также системы управления подачей газообразного и дизельного топлива [2].

Системы управления подачей газообразного топлива выпускаются фирмами КАМАЗ - МАДИ (Россия), Woodward, GFI, AFS, Nippon, Мерседес (Германия), IMPCO (США), LandiRenzo, Lovato (Италия), NissanDiesel, NIKKI (Япония). В настоящее время имеется техническая документация на переоборудование тракторов К-701, 700А, Т-150К, МТЗ-80/82, ДТ-75, разработанная в ОАО ВНИИГАЗ, ГНУ ВИМ, ФГУП НАМИ, АО НЗТА г. Москва и ООО "ППП Дизельавтоматика" г. Саратов, для работы по газодизельному циклу. Отдельные модификации тракторов прошли приемочные испытания на Центральной, Кубанской, Поволжской МИС. Опытные образцы газодизельных тракторов работают в Ставропольском крае, Саратовской, Воронежской, Владимировской и Рязанской областях [1]. В Саратовской области газобаллонным оборудованием оснащены и работают трактор К-700А с распределенной (поцилиндровой) подачей газообразного топлива (совместной разработки ООО "ППП Дизельавтоматика" и СГАУ им. Н. И. Вавилова, рис.1,2) [3,4] и трактор РТМ-160 с центральной (во впускной коллектор) подачей газообразного топлива (совместной разработки СГАУ им. Н. И. Вавилова и НТЦ "Авангард") [1].



Рис. 1. Система распределенной подачи газообразного топлива на тракторе К-700А



Рис. 2. Система с центральной подачей газообразного топлива на тракторе РТМ-160

**Методы исследований.** В результате эксплуатационных исследований системы с центральной подачей газообразного топлива доказано, что выходные параметры дизеля изменяются в пределах 3-5 % (рис. 3).

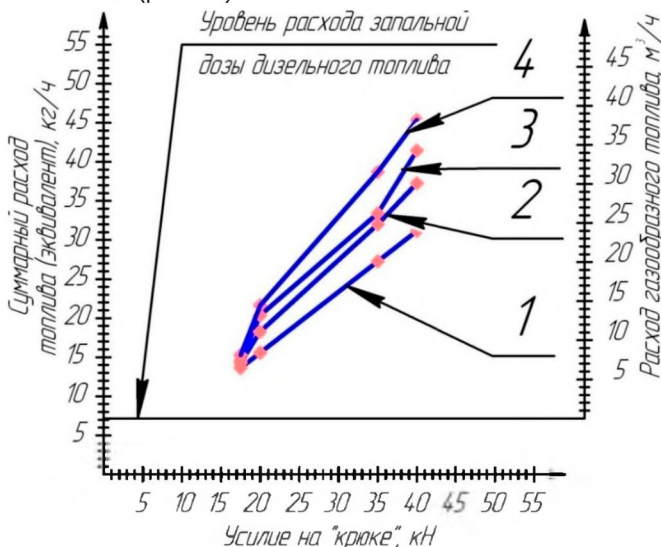


Рис. 3. Расход газообразного и дизельного топлива при работе по дизельному циклу: 1 – новый двигатель; 2 – экспериментальный двигатель; суммарный расход топлива: 3 – экспериментальный двигатель; 4 – двигатель, работающий по системе с центральной подачей газообразного топлива

*Примечание: Суммарный эквивалентный расход топлива определяется по левой шкале, расход газообразного топлива - по правой шкале согласно принятому условию о том, что 1 м<sup>3</sup> газообразного топлива эквивалентен 1 кг дизельного топлива.*

Во время проведения исследований вся информация о параметрах, характеризующих работу двигателя, на основании которых были произведены расчеты, записывалась на компьютер при помощи программного комплекса "Тракторинжект" посредством связи с электронным блоком управления. Электронный блок управления установлен в кабине оператора вместе с электронным педальным задатчиком.

Эксплуатационными исследованиями подтверждено, что вредные выбросы тракторных дизелей, работающих по газодизельному циклу, значительно снижаются при использовании системы распределенной подачи газообразного топлива по эжекционному принципу сравнительно с дизельным циклом и серийно выпускаемой системой с центральной подачей газа СЭРГ-500 установлено снижение содержания  $\text{NO}_x$  на 20 %,  $\text{CH}_x$  – на 30 %,  $\text{CO}$  – на 10 %. Содержание  $\text{CO}_2$  повысилось на 30 %, что в целом соответствует требованиям ЕВРО-4 (рис. 4). На основании этих данных был проведен технико-экономический анализ, который показал, что нормативная плата за выбросы загрязняющих веществ при использовании газомоторного топлива снижается в 2 раза, чем при использовании дизельного топлива.

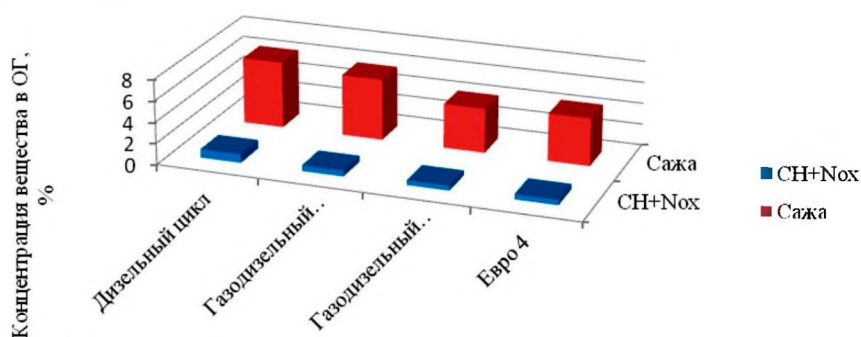


Рис. 4. Экологические исследования трактора К-700А при эксплуатации по дизельному циклу, газодизельному циклу с центральной системой подачи газообразного топлива (ЦП) и газодизельному циклу с распределенной системой подачи газообразного топлива (РП)

**Результаты и их обсуждение.** Проведенные экономические исследования на основании стандартных методик [5,6] показали, что наиболее экономически выгодным видом альтернативного топлива является природный газ (метан), при использовании его на тракторах малого тягового класса, типа МТЗ-80/82 (рис. 5).

По результатам эксплуатационных испытаний установлено, что вредные выбросы тракторных дизелей, работающих по газо-

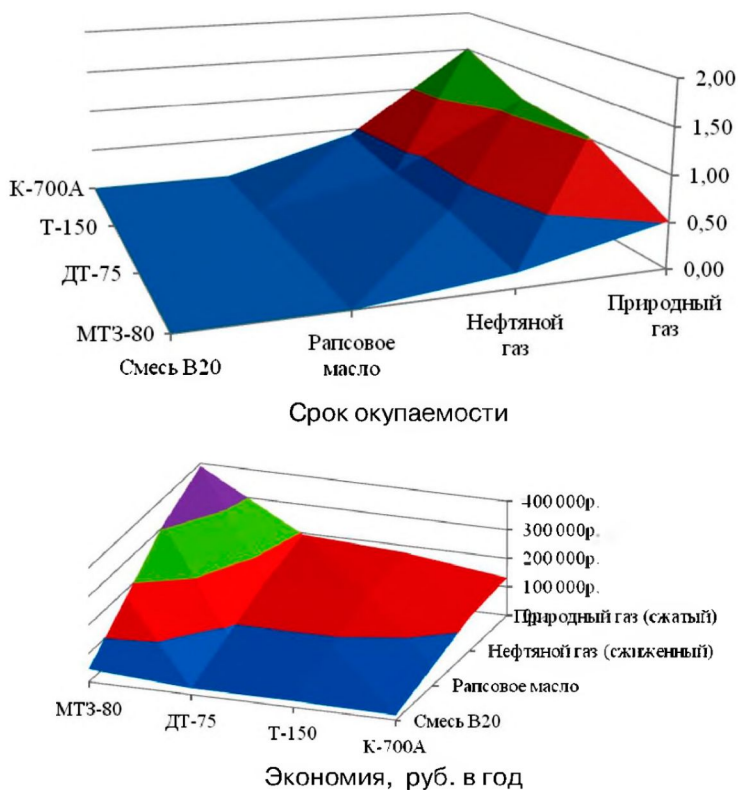


Рис. 5. Экономические исследования применения основных видов альтернативных топлив для дизелей

дизельному циклу, существенно снижаются при использовании системы распределенной подачи газообразного топлива по эжекционному принципу сравнительно с дизельным циклом и серийно выпускаемой системой с центральной подачей газа СЭРГ-500. При этом зафиксировано существенное снижение содержания  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CH}_x$  и  $\text{CO}$ , хотя содержание  $\text{CO}_2$  повышается примерно на 30 %, но в целом это не противоречит требованиям стандартов ЕВРО-4. Наиболее ценным представляется тот факт, что наряду со снижением выброса загрязняющих веществ нормативная оп-

лата за их выбросы при использовании газомоторного топлива снижается почти в 2 раза по сравнению с показателями при использовании дизельного топлива. Кроме того, за счет снижения расхода дизельного топлива (вследствие замещения его газом) годовой экономический эффект при эксплуатации трактора К-700А может достигать неизменно высокого уровня.

При экономических исследованиях применения основных видов альтернативных топлив для дизелей учитывалось, что эквивалент 1 м<sup>3</sup> (нормальный метр кубический) компримированного природного газа » 1 л дизельного топлива, а цена биотоплива представлена из расчета себестоимости, в случае, если производитель изготавливает топливо для себя, а рыночная цена составляет порядка 100 руб./л.

### **Выводы**

Таким образом, перевод техники на газообразное топливо позволяет существенно (более 30 %) снизить выбросы токсичных веществ в атмосферу и сэкономить средства операторам техники до 400 тыс. руб. в год при незначительных снижениях мощностных показателей (менее 5 %). Подобные результаты наиболее ценны в работе малых или средних фермерских хозяйств, для которых важны как степень доступности к альтернативному топливу, так и наименьшие сроки окупаемости техники. Системы с центральной и распределенной подачей газообразного топлива при работе по дизельному и газодизельному циклу наиболее эффективны для тракторов малого тягового класса типа МТЗ-80/82 по сравнению с другими альтернативными видами топлива, в том числе и восстанавливаемыми.

### **Список литературы**

- 1 *Марков В.А., Козлов С.И.* Топлива и топливоподача много-топливных и газодизельных двигателей. – М.: МГТУ, 2000. – 296 с.
- 2 *Бобенин Е. В.* Совершенствование топливной системы тракторных дизелей для работы по газодизельному циклу на примере трактора РТМ-160: автореф. дис. канд. техн. наук. – Саратов, 2009. – 25 с.



3 Пат. № 105372 Российская Федерация МПК: F02M, Система распределенного эжекционного впрыска газообразного топлива/ Володин В.В., Загородских Б.П., Бебенин Е.В. приоритет 21 декабря 2010 // Бюл. № 16 от 10.06.2011 г.

4 Пат. №108491 Российская Федерация МПК: F02B Устройство эжекционной подачи топлива в двигатель / Володин В.В., Загородских Б.П., Бебенин Е.В. приоритет от 21 декабря 2010 г. // Бюл. № 26 от 20.09.2011 г.

5 *Володин В.В. , Загородских Б.П. , Бебенин Е.В.* Эжекционная система распределенной подачи газообразного топлива в дизель // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 5. – С. 13-15.

6 ГОСТ 23728-88 Техника сельскохозяйственная. Основные положения и показатели экономической оценки – введ. 01.01.1988. – М.: Изд-во стандартов. – Взамен ГОСТ 23728-79. – М.: Изд-во стандартов (Система стандартов по экономической оценке сельскохозяйственной техники).