

*В.А. Марков<sup>1</sup>, Е.В. Бебенин<sup>2</sup>, А.М. Биниязов<sup>3</sup>, В.П. Захаров<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Саратовский металлообрабатывающий завод, г. Саратов, Россия

<sup>3</sup>Западно Казахстанский инновационно-технологический университет,  
г. Уральск, Казахстан

---

---

## **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАКТОРА К-700А, РАБОТАЮЩЕГО ПО ГАЗОДИЗЕЛЬНОМУ ЦИКЛУ**

---

---

**Аннотация.** Расходы на топливо для сельскохозяйственной техники, достигают 50 % в себестоимости сельскохозяйственной продукции. В связи с этим перевод сельскохозяйственной техники на более дешевое альтернативное топливо - природный газ метан – позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства. Тем более, что Казахстан занимает ведущее место в мире по его запасам. Наиболее простым и приемлемым для сельского хозяйства способом перевода дизеля для работы на газообразном топливе является использование газодизельного цикла, так как это не требует значительных изменений 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. В результате математического моделирования показатели мощности экспериментального двигателя ЯМЗ-238 при его переводе с жидкого (дизельного) на газообразное топливо (природный газ) снижаются на 10%, что показывает анализ формулы по подсчёту данной мощности, данный эффект возникает под влиянием плотности топливовоздушной смеси поступающей в цилиндр.

**Ключевые слова:** газодизель, система подачи газа в двигатель, экология ДВС.

• • •

**Түйіндеме.** Ауылшаруашылық техникаларына жанармай шығындары ауылшаруашылық енімдерінің 50% құрайды. Осыған байланысты

---

**Источник финансирования исследований** - Саратовский завод энергетического машиностроения, г. Саратов, Россия.

ауыл шаруашылық техникаларын арзан баламалы отын - табиғи газға, метанға алмастыру ауыл шаруашылығы ендірісінің тиімділігін арттырады. Оның үстіне, Қазақстан ез қорлары бойынша әлемде жетекші орынға ие. Ауыл шаруашылығында дизельді қозғалтқышты газ тәрізді отынмен жұмыс істеуге айналдырудың қарапайым және қолайлы тәсілі - бұл газ-дизель циклын пайдалану, өйткені бұл қозғалтқыштың құрылымы, сериялық отын жабдықтары мен дизель отынында да, сондай-ақ оның компримирленген (КЖТ) немесе сұйытылған табиғи газбен де жұмыс істеу қабілеті сақталады. Математикалық үлгілеу нәтижесінде ЯМЗ-238 эксперименталды қозғалтқышының қуат көрсеткіштері оны сұйық (дизельді) газ тәрізді отынға (табиғи газға) ауыстыру кезінде 10% - ға төмендейді, бұл осы қуатты есептеу бойынша формуланың талдауын көрсетеді. Бұл әсер цилиндрге келіп түсетін отын ауа қоспасының тығыздығының әсерінен пайда болады.

**Түйінді сөздер:** газ-дизель, қозғалтқышқа газ беру жүйесі, ДВС экологиясы.

\*\*\*

**Abstract.** Fuel costs for agricultural machinery reach 50% of the cost of agricultural products. In this regard, the transfer of agricultural machinery to work on cheaper alternative fuels - natural gas, methane - will improve the efficiency of agricultural production. The simplest and most acceptable way for agriculture to transfer diesel engines to work on gaseous fuel is the use of a gas-diesel cycle, since it does not require significant modifications of the engine, the regular fuel equipment running on diesel is preserved, plus there is an option to work on both diesel fuel and its mixture with compressed (CNG) or liquefied natural gas. As a result of mathematical modeling, the power indicators of the experimental YAMZ-238 engine when it is transferred from liquid (diesel) to gaseous fuel (natural gas) are reduced by 10%, which shows the analysis of the formula for calculating this power, this effect occurs under the influence of the density of the fuel-air mixture entering the cylinders.

**Key words:** gas diesel, gas supply system to the engine, the ecology of the engine.

**Введение.** В результате внедрения альтернативных видов топлива, в Республики Казахстан, активно развивается рынок природного газа, который охватывает все большее количество автотракторной техники, данная ситуация способствует снижению себестоимости продукции в экономике страны и улучшение экологической обстановки (рисунок 1).

Правительство Республики Казахстан поставило целью повышение уровня газификации всех районов РК (рисунок 2). Достижение данной цели может быть облегчено в связи с расширением рынка сбыта природного газа, каковым является рынок газомоторного топлива. Республика Казахстан нуждается в экологически безопасном, доступном и дешёвом виде топлива. Экологическая безопас-

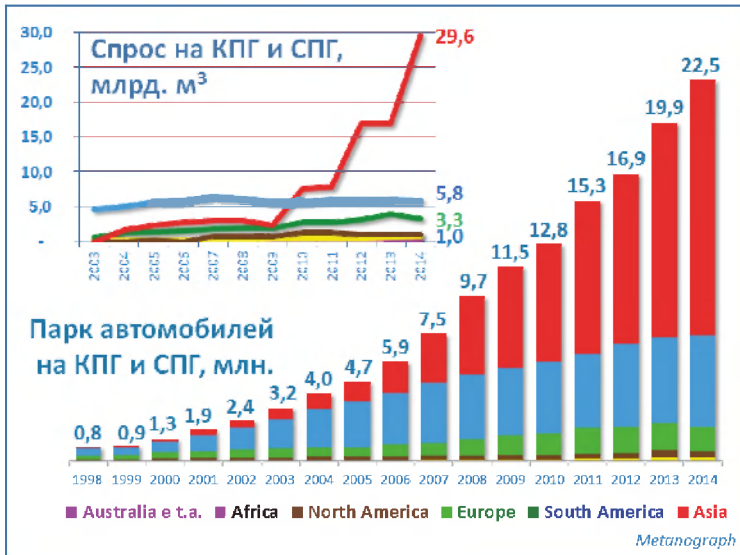


Рисунок 1 – Развитие рынка газомоторного топлива

ность применения газомоторного топлива стало необходимостью, в последнее время, в связи с ухудшением экологической обстановки. Особенно остро встал вопрос с дымностью (Кх) отработанных газов различных видов топлив, а также содержание в них таких газов как NOx, CHx, CO, CO<sub>2</sub>.

**Методы исследований.** В настоящее время актуально использование газодизельного цикла, при котором основным топливом является природный газ, а его возгорание осуществляется путем подачи запальной дозы дизельного топлива. Порция запального дизельного топлива на всех режимах остается неизменной и составляет 20-30% от общего расхода топлива. На режиме холостого хода двигатели работают только на дизельном топливе [1,2]. В открытых литературных источниках нет данных о влиянии на показатели дымности и токсичности в результате применения систем с распределённой подачей газообразного топлива. Целью исследований является измерение показателей дымности и токсичности отработанных газов в результате применения системы с распределенной подачей газообразного топлива в дизель трактора К-700А, оснащенного двигателем ЯМЗ-238 НДЗ при работе по газодизельному циклу.

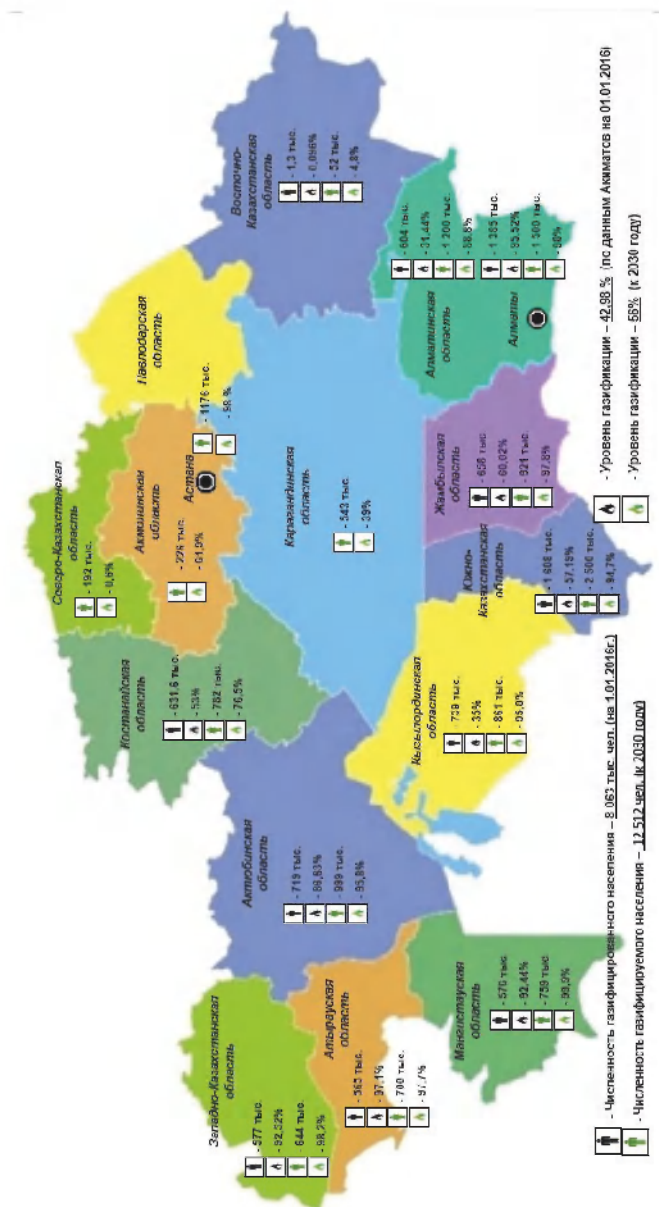


Рисунок 2 – Уровень газификации областей Республики Казахстан

Совместно с Саратовским ГАУ им. Н.И. Вавилова и «ППП Дизельавтоматика», была создана система распределенной подачи газообразного топлива по эжекционному принципу, новизна которой подтверждена патентами на полезную модель. Система распределённого эжекционного впрыска газообразного топлива, состоящая из баллонов хранения газа, вентильной группы, редуктора газа, оснащенная датчиками давления, температуры подаваемого газа, датчиком частоты вращения коленчатого вала, датчиком положения рейки топливного насоса высокого давления, электронным блоком управления, отличающаяся тем, что она снабжена устройствами эжекционной подачи газообразного топлива, способными передавать газообразное топливо в двигатель из газового коллектора, выполненного в виде пневмоаккумулятора, а рейка топливного насоса снабжена устройством управления циклами работы двигателя. [3-5]

**Результаты исследования.** На базе фермерского хозяйства были проведены эксплуатационные исследования тракторов К-700А, оснащенных системой с центральной подачей газообразного топлива типа СЭРГ-500 и системой распределенной подачи газообразного топлива по эжекционному принципу для работы по газодизельному циклу. Экологические исследования концентрации основных токсичных элементов в отработанных газах двигателя трактора определяли с помощью газоанализатора «АВТОТЕСТ-01.02». Исследования производились при выполнении основных сельскохозяйственных операций: пахоты, культивации, посева, дискования. Для получения объективных данных проводились измерения при работе трактора К-700А по дизельному и газодизельному циклу. Результаты экологических эксплуатационных исследований представлены на рисунке 3.

При исследованиях отмечено улучшение основных показателей токсичности при переводе дизеля на газодизельный цикл. В первую очередь это относится к дымности ОГ, уменьшающейся во всем диапазоне нагрузочных режимов работы дизеля.

**Обсуждение результатов.** Так, на режиме  $cN_e = 152$  кВт при  $n = 2100$  мин.<sup>-1</sup> дымность снижается с 70 до 20%. На номинальном режиме отмечается жёсткое сгорание топлива и, как следствие, увеличение выброса оксидов азота. На других нагрузочных режимах работы газодизеля содержание  $NO_x$  в его ОГ меньше, чем у двигателя, работающего только на дизельном топливе. В то же время отмечено увеличение эмиссии углеводородов  $CH_x$  и монооксида углерода CO. Большие выбросы  $CH_x$  особенно характерны для режимов работы газодизеля с малыми нагрузками и большим коэффициентом избытка

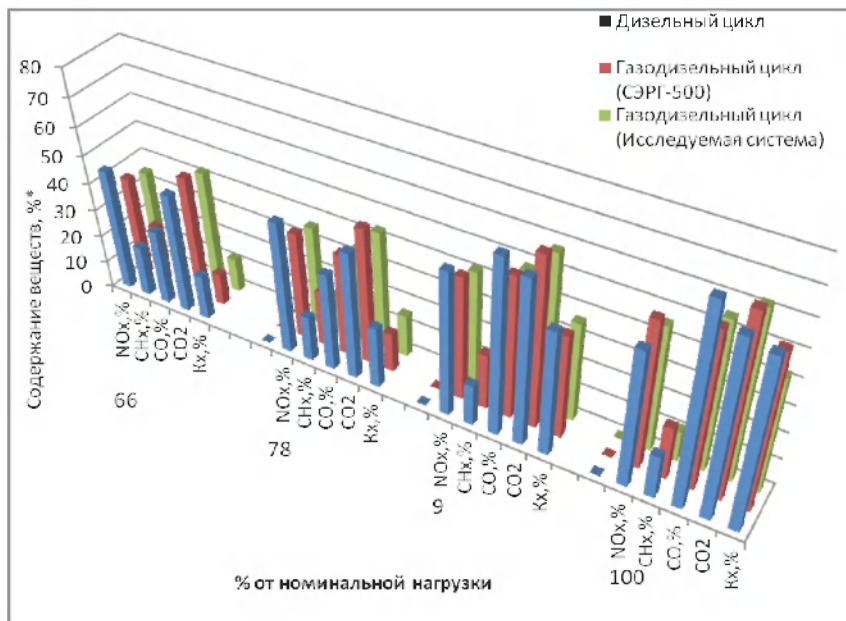


Рисунок 3 – Результаты экологических эксплуатационных исследований

\*Значения  $CO_2$  – 1/5 Шкалы процентов,  
 Значения CO – 1/20 Шкалы процентов  
 Значения  $CH_x$  – 1/100 Шкалы процентов  
 Значения  $CO_2$  – 1/500 Шкалы процентов

воздуха (Рисунок 4). Это объясняется неполнотой сгорания газового топлива в газодизеле при работе на бедных смесях. На этих режимах отмечено и ухудшение топливной экономичности. Таким образом, результаты испытаний показали целесообразность перехода на дизельный цикл на режимах малых нагрузок и холостого хода с целью уменьшения выбросов углеводородов и расхода топлива. Подтверждено, что для улучшения показателей работы двигателя по газодизельному циклу необходимы оптимизация состава горючей смеси на всех режимах, управление моментом впрыскивания (УОВТ) запальной дозы дизельного топлива, подбор и регулирование фаз газораспределения. [6-8]

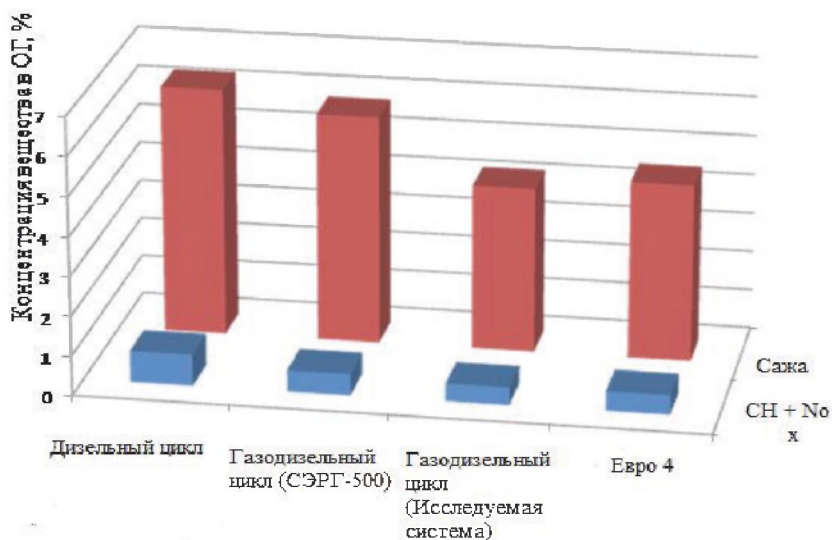


Рисунок 4 – Сравнение результатов экологических исследований с нормами Евро-4.

**Вывод.** В результате анализа проведенных исследований можно сделать вывод, что экологическая эффективность разработанной системы с распределенной подачей газа по эжекционному принципу превышает экологическую эффективность системы с центральной подачей газа типа СЭРГ-500, по показателю  $\text{NO}_x$  на 50%,  $\text{CH}_x$  на 30%,  $\text{CO}$  на 10%,  $\text{CO}_2$  на 100%, а коэффициент задымленности снижается на 15%, за счет оптимизации процессов горения газообразного топлива. Данные значения показывают, что переход дизеля на работу по газодизельному циклу позволяет приблизиться по нормам выбросов токсичных газов к стандарту ЕВРО 4, введенного в 2005 г. (рисунок 4).

### Список литературы

- 1 Бебенин Е.В. Создание системы для применения различных видов газообразного топлива / В.В. Володин, Е.В. Бебенин // Саратов-АГРО.2011: материалы научно-практической конференции 2 специализированной выставки; Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. - Саратов, 2011. – С. 125-127.
- 2 Володин В.В. Выбор и обоснование газо-воздушного смесителя двигателя



ля внутреннего сгорания / В.В. Володин, Е.В. Бебенин // Грузовик и строитель-но-дорожные машины. – М., 2012. - №10. – С. 41–44.

3 *Загородских Б.П., Бебенин Е.В., Володин В.В.* Стендовые испытания системы эжекционной подачи газообразного топлива в дизелях / Б.П. Загородских, Е.В. Бебенин, В.В. Володин // Транспорт на альтернативном топливе – М., 2012. -№2(26). – С.17–19. (ISS №2073-1329)

4 *Захаров В.П., Денисов А.С., Сарсенбаева Л.Х., Биниязов А.М. Бралиев А.Б.* Повышение эффективности эксплуатации форсированных автомобильных дизельных двигателей совершенствованием управления объемом масла в смазочной системе // Научный журнал «Новости науки Казахстана». – Алматы, 2018. - №2. – С. 106-120

5 Патент РФ №2291316МПК: F02M Устройство подачи природного газа с внешним смесеобразованием / Загородских Б.П., Агабабян Р.Е., Бебенин Е.В. – А01В 15/00, РУ 2169998; Опубликовано: 10.07.2006, Бюл. №19, 4с.

6 Патент РФ на полезную модель №105372 МПК: F02M, Система распределенного эжекционного впрыска газообразного топлива/ Володин В.В., Загородских Б.П., Бебенин Е.В. приоритет 21 декабря 2010, бюл №16 от 10.06.2011г.

7 *Ченцов Н. А., Бебенин Е.В., Захаров В. П.,* Экономическое обоснование комплекса средств по повышению использования газомоторного топлива// Научно-технический журнал «Новости науки Казахстана» Алматы.- 2014 №4 с.118-126.

8 *Biniyazov A.M.* Operation maintaining of automobile forced diesel engines with ensuring of functional condition of the lubrication system in exploitation / A.M. Biniyazov, A.N. Bayakhov, A.YU. Bektilevov, R.S. Sadykov, V.P. Zakharov, L.KH. Sarsenbaeva // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN(P): 2249-6890; ISSN(E): 2249-8001/Vol. 9, Issue 3, Jun 2019, 1761-1768 © TJPRC Pvt. Ltd.

**Марков В.А.**, доктор технических наук, профессор,

**Бебенин Е.В.**, кандидат технических наук, доцент, e-mail: bebenin@bk.ru

**Биниязов А.М.**, кандидат технических наук, e-mail: abiniyazov@mail.ru

**Захаров В.П.**, кандидат технических наук, доцент,

e-mail: zacharov\_57@mail.ru.