

## ДООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ 5490 СИСТЕМОЙ ПИТАНИЯ КОМПРИМИРОВАННЫМ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

**А. В. Неговора<sup>1</sup>, И. Р. Исанбердин<sup>1</sup>,  
Т. Р. Башаров<sup>1</sup>, С. К. Корабельников<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация

<sup>2</sup>СПб ГБПОУ «Академия транспортных технологий», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Аннотация. В данной статье рассматривается пример дооснащения автомобиля КамАЗ М1840 5490-5Р с системой питания на сжиженном природном газе (СПГ) дополнительным газобаллонным оборудованием, позволяющим ему работать на компримированном природном газе (КПГ). Говорится о проблеме отдаленности заправочных станций КриоАЗС, что снижает эффективность транспортных средств, работающих на СПГ. Опыт эксплуатации таких автомобилей показывает, что необходимо оснастить дополнительным газовым оборудованием для работы на КПГ. Были проведены работы по подбору ГБО, его установке на автомобиль и испытании транспортного средства при работе на КПГ. В ходе исследования сняты показатели работы при максимальных нагрузках, проанализирован переход работы двигателя с СПГ на КПГ.*

*Ключевые слова: сжиженный природный газ (СПГ), компримированный природный газ (КПГ), КриоАЗС, АГНКС.*

## RETROFITTING OF THE KAMAZ 5490 CAR WITH A COMPRESSED NATURAL GAS POWER SYSTEM

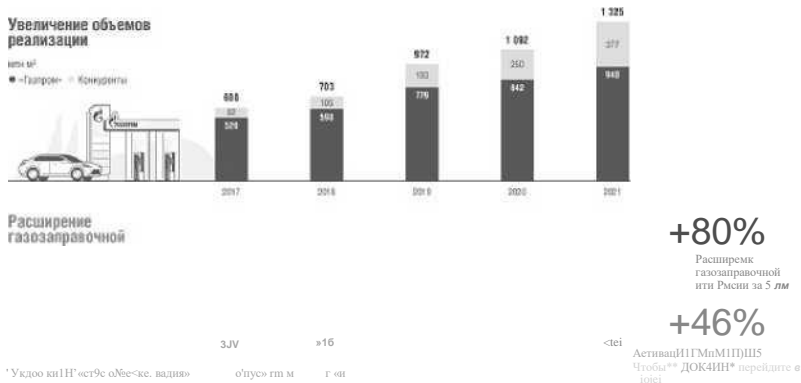
**A.V. Negovora<sup>a</sup>, I. R. Isanberdin<sup>a</sup>,  
T. R. Basharov<sup>a</sup>, S. K. Korabelnikov<sup>b</sup>**<sup>a</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russian Federation <sup>b</sup>Academy of Transport Technologies, St. Petersburg, Russian Federation

*Abstract. This article discusses an example of retrofitting a KamAZ M1840 5490-5R car with a liquefied natural gas (LNG) power system with additional gas cylinder equipment that allows it to run on compressed natural gas (CNG). It is said about the problem of remoteness of CRYOAS filling stations, which reduces the efficiency of vehicles running on LNG. The experience of operating such cars*

shows that it is necessary to equip additional gas equipment for CNG operation. Work was carried out on the selection of HBO, its installation on the car and testing of the vehicle when working on CNG. In the course of the study, the performance indicators at maximum loads were removed, the transition of the engine from LNG to CNG was analyzed.

Keywords: liquefied natural gas (LNG), compressed natural gas (CNG), cryoase, CNG.

Рынок газомоторного топлива является быстрорастущим направлением в топливно-энергетическом секторе России. Использование в автомобилях компримированного природного газа поддерживается государством достаточно давно, а количество АГНКС в России по итогам 2021 года возросло до 631 станции (ри-



сунк 1) [1].

Рисунок 1 - Статистика развития рынка ГМТ в России  
Развитие рынка ГМТ в России

На территории Башкортостана в 2022 году стало на 10 автомобильных АГНКС больше и теперь в регионе функционирует 51 метановая станция. В прошлом году семь компаний получили субсидии на возмещение затрат на строительство АГНКС, общая сумма поддержки составила 360 млн рублей [2].

Новым направлением развития является использование СПГ в качестве моторного топлива. Криогенные баки для хранения СПГ занимают меньше пространства на автомобиле по сравнению

КОНОФН  
-Гдодем-

97 --381 254 W.-.

123 2П А7.

400

129 2И

421 а.

261 370

В

с баллонами для хранения КПП, при этом вмещают больше газа, что увеличивает запас хода. По данным на 2022 год в России действует 24 Крио АЗС [3], однако малое количество крио-станций и большое расстояние между ними усложняет эксплуатацию транспортного средства на этом виде топлива.

Основным потребителем сжиженного газа являются магистральные тягачи производства КамАЗ. Водители обычно планируют свой маршрут так, чтобы обеспечить своевременную заправку автомобиля, что несколько удлиняет маршрут как по расстоянию, так и по времени. Зачастую, в зависимости от маршрута, веса перевозимого груза, рельефа местности, погодных условий расход топлива незапланированно увеличивается и запас хода сокращается, что способствует аварийной остановке транспортного средства и вынуждает водителя вызывать эвакуационную службу для транспортировки автомобиля на заправочную станцию. Малое количество КриоАЗС и маленький запас СПГ на них дополнительно увеличивают время заправки транспорта, так как водителям иногда приходится сутками ждать поступления СПГ на крио- АЗС.

Обеспечить увеличение запаса хода автомобиля и повысить гибкость его маршрута возможно дополнительной установкой ГБО, работающего на компримированном природном газе, в частности, кассеты с баллонами и редуктора высокого давления. Для хранения КПП возможно применить баллоны различного типа, диаметра и длины, оптимально подходящие к компоновке автомобиля. К примеру, на седельный тягач можно установить кассету с 3...4 баллонами сзади кабины, для бортовой машины - вдоль рамы, для автобуса - в заднем свесе и др.

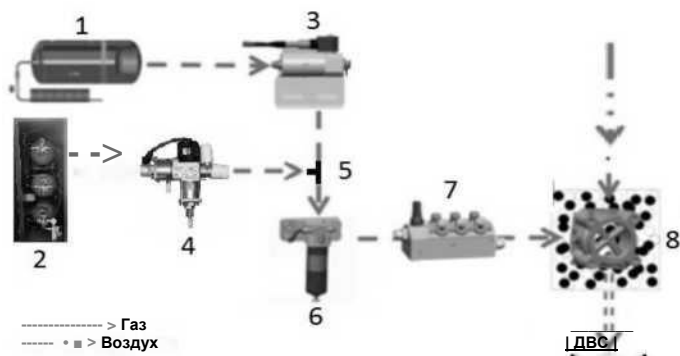
Для повышения эффективности эксплуатации автомобилей, использующих в качестве топлива СПГ в Лаборатории «Газомоторные и альтернативные виды топлива» Башкирского ГАУ было проведено переоборудование седельного тягача КамАЗ М1840 5490-5P (рисунок 2).

Предварительно была изучена система питания СПГ и определены места врезки редуктора компримированного природного газа и требования к параметрам подачи КПП (давление, производительность и др.). В результате предложена схема (рисунок 3) при которой будет осуществляться работа двигателя как на СПГ, так и

на КПГ. По представленной схеме точкой врезки магистрали низкого давления редуктора КПГ является вход в паровой фильтр, с помощью тройника, который монтируется вместо входного штуцера фильтра. Данное решение обеспечивает сохранность заводской магистрали СПГ.

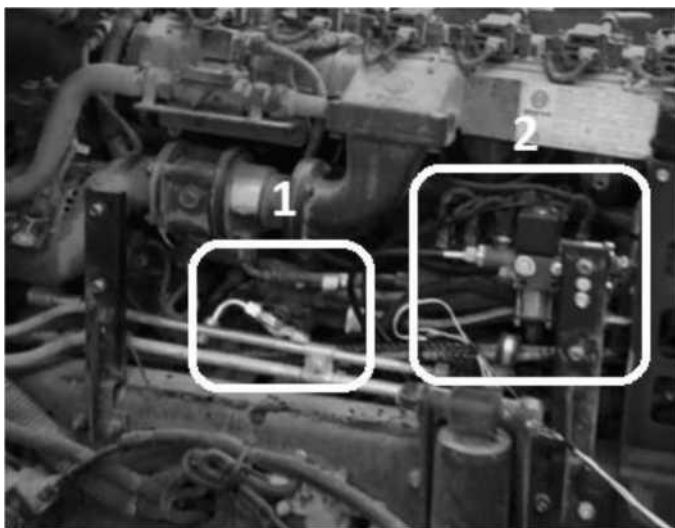


**Рисунок 2 - КамАЗ М1840 5490-5Р с СПГ и КПГ баками**



**Рисунок 3 - Система питания КамАЗ М1840 5490-5Р на СПГ и на КПГ**  
 1 - криогенный бак, 2 - кассета с баллонами КПГ, 3 - редуктор высокого давления СПГ, 4 - редуктор высокого давления КПГ, 5 - тройник, 6 - паровой фильтр, 7 — блок инжекторов, 8 - смеситель.

Редуктор высокого давления КПП установлен с левой стороны двигателя рядом с паровым фильтром и блоком инжекторов (рисунок 4). Изготовлен кронштейн, с помощью которого редуктор закреплен на заднюю опору левого бокового щитка двигателя. Питание редуктора охлаждающей жидкостью реализовано путем перенаправления обратной подачи ОЖ от головки блока к расширительному бачку. Демонтирован заводской шланг, смонтирована новая магистраль от головки блока к редуктору и от редуктора к расширительному бачку. Магистраль высокого давления от кассеты с баллонами до редуктора подобрана сечением 8 мм и проложена параллельно магистрали СПГ, расположенной на внутренней части несущей рамы автомобиля.



**Рисунок 4 - Система питания КПП**

*1 - паровой фильтр с тройником, соединяющий магистраль СПГ и КПП,  
2 - Редуктор высокого давления КПП*

Переключение вида топлива управляется из кабины, кнопкой, расположенной на панели управления. Кнопка управляет электромагнитными реле переключения и 4-х контактным силовым реле. Реле переключения подает ток на запорный клапан редуктора СПГ или редуктора КПП в зависимости от положения кнопки. 4-х контактное силовое электромагнитное реле на 24 В

используется для питания электромагнитных клапанов запорных вентилей баллонов. Блок реле управления установлен в кассете с баллонами.

С целью обеспечения безопасного расстояния от кассеты баллонов до полуприцепа подобрано 3 баллона 1 типа диаметром 254 мм длиной 1640 мм. Суммарный объем баллонов 50 м<sup>3</sup> при заправке до давления 20 МПа должен увеличить запас хода автомобиля на 180 км. С помощью программного обеспечения Компас 3D изготовлен чертеж крепления баллонов, ложементов. Крепление для баллонов сварено из профильной трубы 80х40х3 мм. Кассета с баллонами (рисунок 5) установлена поперек автомобиля, вдоль задней стенки кабины, с помощью стремянки прикреплена к несущей раме.



**Рисунок 5 - Кассета с баллонами 1 типа**

*1 - блок реле управления СПГ-КПГ, 2 - вентиль заправочный выносной с манометром*

После выполненных работ автомобиль направился на АГНКС, баллоны КПП наполнили 50 м<sup>3</sup> природного газа. Проведены испытания и замеры расхода топлива КПП порожнего автомобиля и с грузом 25 тонн (полная масса 39 тонн). Результаты получены на трассе М5 маршрут Уфа-Октябрьский, условия: температура воздуха -10°С, умеренные подъемы и спуски, скорость движения 80 км/ч. В ходе проведения испытаний выявлено, что потери мощности не наблюдается, при переключении типа природного газа на ходу толчков и потери мощности нет. В результате порожний автомобиль расходует 47 м<sup>3</sup> газа на 140 км, с грузом 25 тонн (полная масса 39 тонн) расходует 47 м<sup>3</sup> на 100 км.

Вывод. Испытания седельного тягача КамАЗ М1840 5490-5Р подтвердили работоспособность предложенной модернизации. Установленное ГБО обеспечивает пробег автомобиля с двигателем Weichai на КПП на расстояние 140 км без груза и 100 км с грузом.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Черноиванов, В. И. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники / В. И. Черноиванов, И. И. Габитов, А. В. Неговора // Труды ГОСНИТИ. - 2018. - Т. 130. - С. 74-81.

2. Габитов, И. И. Современные тенденции технического сервиса топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей / И. И. Габитов, А. В. Неговора // Труды ГОСНИТИ. - 2008. - Т. 101. - С. 38-44.

3. Сеть крио-АЗС: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://rcc.ru/article/v-rossii-rashshiryayutsya-set-krio-azs-i-chislo-avtomobiley-naspg-88530>.

4. Разяпов, М. М. Снижение риска отказов мобильной сельскохозяйственной техники и транспортных средств в условиях низких температур / М. М. Разяпов, Д. А. Гусев // В сб.: Реновация машин и оборудования : материалы Всероссийской научно-практической конференции. - 2017. - С. 160-166.

5. Разяпов, М. М. Повышение надежности агрегатов трансмиссии автотракторной техники при эксплуатации в условиях низких температур / М. М. Разяпов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. - 2020. - № 2 (26). - С. 77-86.

6. Дидманидзе, О. Н. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовыми установками на транспортно-тяговых

средствах / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков // Международный технико-экономический журнал. - 2019. - № 4. - С. 52-59. - DOI 10.34286/1995-4646-2019-67-4-52-59.

7. Математическая модель процесса сгорания и тепловыделения в цилиндре газового двигателя / М. Н. Ерохин, О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Р. Т. Хахимов // Чтения академика В. Н. Болтинского (115 лет со дня рождения) : сборник статей семинара, Москва, 22-24 января 2019 года / Под редакцией М. Н. Ерохина. - М. : ООО «Мегаполис», 2019. - С. 19-28.

8. Пуляев, Н. Н. О перспективах применения газомоторного топлива в России / Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. - М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. - С. 95-101.

*Об авторах:*

**Неговора Андрей Владимирович**, профессор ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), доктор технических наук, negovora@bsau.ru.

**Исанбердин Ильнур Раилевич**, младший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34).

**Башаров Тимур Расимович**, аспирант ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, Уфа, ул. 50-летия Октября, 34).

**Корабельников Сергей Кимович**, директор СПб ГБПОУ «Академия транспортных технологий» (192102, Санкт-Петербург, ул. Салова, д.63), доцент, доктор технических наук, atemk@att.edu.ru.

*About the authors:*

**Andrey V. Negovora**, Professor, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Ok-tyabrya str., 34), D.Sc. (Engineering), negovora@bsau.ru.

**Ilnur R. Isanberdin**, Junior Researcher, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Ok-tyabrya str., 34).

**Timur R. Basharov**, postgraduate student, Bashkir State Agrarian University (450001, Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letiya Ok-tyabrya str., 34).

**Sergey K. Korabelnikov**, Director of Academy of Transport Technologies (192102, St. Petersburg, Salova str., 63), Associate Professor, D.Sc. (Engineering), atemk@att.edu.ru.