

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение**

**«МБОУ СОШ №31» г. Абакана**

## **ПРОЕКТ**

**по математике на тему:**

**«Оценка экономической эффективности от перевода  
транспортных средств на компримированный природный газ в  
качестве моторного топлива»**

Выполнила: ученица 10 «Б» класса,

Нестеренко Елизавета.

Руководитель проекта:

Резванцева Наталья Валерьевна.

## **Оценка экономической эффективности от перевода транспортных средств на сжатый природный газ в качестве моторного топлива**

**Актуальность** темы состоит в необходимости проведения анализа оценки экономической целесообразности использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива.

**Цель** работы: оценить экономическую эффективность от перевода транспортных средств на сжатый природный газ в качестве моторного топлива.

**Задачи:**

- 1) Раскрыть вопрос применения сжатого газа в качестве моторного топлива
- 2) Произвести расчет экономической оценки эффективности альтернативных источников энергии на автомобильном транспорте;
- 3) Доказать преимущества использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива.

**Сжатый природный газ** – это газ природного происхождения, полученный путем сжатия в установках компрессорного топлива, являющийся более дешёвой и экологичной заменой традиционным видам моторных топлив.

Автомобильный парк нашей страны значительно вырос за последние годы и его увеличение продолжается. Связанный с этим рост потребления жидкого топлива на транспорте сопровождается истощением хорошо освоенных и удобно расположенных нефтяных месторождений, вследствие чего приходится осваивать новые, расположенные в труднодоступных районах. Это, в свою очередь, приводит к удорожанию как сырой нефти, так и получаемых из неё нефтепродуктов. Между тем страна располагает большими запасами высококачественного моторного топлива, не требующего для использования в двигателях никакой химической переработки. Речь идёт о природном газе. Как моторное топливо, природный газ в натуральном виде превосходит нефтяное топливо. При его использовании обеспечиваются высокие технико-экономические показатели в ДВС, так как природный газ имеет хорошие антидетонационные качества, создаёт благоприятные условия смесеобразования и обладает широкими пределами воспламенения в смеси с воздухом. По-видимому, по этой причине первые ДВС делались для работы именно на газе. В конце 40-х и начале 50-х годов в СССР было освоено

производство газобаллонных автомобилей, использовавших сжатый природный газ. Несколько тысяч таких автомобилей в течение нескольких лет эксплуатировались в районах, достаточно обеспеченных в то время природным газом. Однако начальный уровень газоснабжения и относительно малый в то время объём добычи газа не позволили расширить применение газобаллонных автомобилей, а возросшая потребность других отраслей промышленности (например, по производству удобрений), не обеспеченных приростом добычи, привела, в конечном итоге, к прекращению выпуска таких машин и изъятия их из эксплуатации. В настоящее время положение в корне изменилось. Магистральные газопроводы давно объединены в Единую Систему Газоснабжения, которая густой сетью покрывает всю европейскую часть России, Приморский край и остров Сахалин. И газификация продолжается бурными темпами. Таким образом, имеется комплекс факторов – от высоких качеств природного газа как моторного топлива до эффективного уровня развития Единой Системы Газоснабжения – определяющих широкие перспективы применения газового топлива на транспорте.

Горючие газы, применяемые в качестве моторного топлива для автомобилей, можно условно разделить на три основных вида по условиям специфики содержания, влияющей на возможность использования на разных классах автомобилей (легковых, грузовых, автобусах): 1. Сжиженные нефтяные газы (СНГ). 2. Компримированные (сжатые) природные газы (КПГ). 3. Сжиженные природные газы (СПГ). Сжиженные нефтяные газы при нормальных температурах (в диапазоне от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и относительно небольших давлениях ( $1\text{--}2\text{ МПа}$  –  $10\text{--}20\text{ кгс/см}^2$ ) находятся в жидком состоянии. Их основные компоненты – этан, пропан, бутан и весьма близкие к ним непредельные углеводороды – этилен, пропилен, бутилен и их изомер. Эти газы получают при добыче и переработке нефти и поэтому их называют сжиженные нефтяные газы (СНГ). Комплект газового оборудования для СНГ вместе с баллоном весит от 40 до 60 кг и вполне подходит для установки на легковых автомобилях. Объём баллона обеспечивает пробег около 300 км, что вполне соизмеримо с расчётным пробегом 400 км для автомобиля, работающего на бензине. Компримированные (сжатые) природные газы (КПГ) при нормальных температурах и любых высоких давлениях находятся в газообразном состоянии. К таким газам относятся метан, водород и др. Наибольший интерес для использования в качестве горючего на автомобильном транспорте представляет метан. Он является основной частью добываемых природных газов и составной частью биогаза, получаемого в результате брожения различных канализационных отходов.

Главным недостатком природного газа, как моторного топлива, является очень низкая объёмная концентрация энергии, хотя удельная теплота сгорания жидкого топлива (бензина автомобильного) и удельная теплота сгорания природного газа сопоставимы: соответственно равны – 43–46 МДж/кг и 41–49 МДж/кг. По этой причине для использования газа в качестве моторного топлива на транспортном средстве его надо предварительно сжать до высоких давлений 25–32 МПа и более и заполнить им специальные баллоны. Для хранения газа под таким давлением выпускаются баллоны из углеродистых и легированных сталей на давление 25–32 МПа. Каждый баллон в незаполненном состоянии весит более 100 кг. Использование их на легковом автомобиле не рационально, так как их вес соизмерим с возможной полезной нагрузкой. В связи с этим их используют на грузовых автомобилях и автобусах. Однако, несмотря на то, что применяемые в современной практике баллоны пока тяжелы, они полностью обеспечивают среднесуточный пробег автомобиля и могут применяться повторно при списании автомобиля. В некоторых отраслях техники применяются композитные баллоны, которые легче стальных в 3–4 раза. В этом случае массовый показатель хранения КПГ, хотя и остаётся ниже, чем у бензина, но отличается от него на величину, малосущественную в практике. Но они очень дороги. Сжиженные природные газы (СПГ) имеют такое же происхождение и состав, как и компримированные природные газы. Только получают их охлаждением метана до минус 162 °С. Хранятся они в теплоизолированных ёмкостях. Независимо от качества теплоизоляции газосодержащих емкостей (сосуды Дьюара), температура в них повышается, а, следовательно, этот способ содержания газового топлива может быть использован при интенсивной эксплуатации транспортного средства и его безгаражном хранении, так как периодически требуется сброс давления, т.е. выпуск порции газа. При переводе автотранспорта на СПГ его низкую температуру возможно использовать для компенсации потерь мощности или кондиционирования воздуха в салоне автомобиля. Переоборудование автомобиля для работы на СПГ заключается в установке специальной криогенной ёмкости, небольшого испарителя, использующего тепло выпускных газов, и монтаже газовой топливной аппаратуры, которая аналогична применяемой на газобаллонных автомобилях при работе на КПГ. Затраты на получение СПГ в 2–3 раза больше, чем на получение КПГ. Поэтому сжиженный природный газ целесообразно применять на автомобилях-рефрижераторах, где он может выполнять дополнительные функции хладагента для холодильников и кондиционеров. Снижение расходов является одним из основных способов достижения прибыли на любом предприятии. За последние два года дизельное топливо подорожало более чем в 1,5 раза. По

этим причинам предприятия, эксплуатирующие грузовую технику, проявляют большую заинтересованность к газобаллонному оборудованию для дизельных двигателей, потому что природный газ – самое дешёвое моторное топливо во всём мире, и на ближайшие 200 лет запасы его не исчерпаются. В структуре расходов статья «топливо» – самая важная, позволяющая сэкономить средства на данном этапе. На природном газе могут работать любые виды двигателей. При этом на эффективность перевода на природный газ влияет целый ряд факторов. Условно их можно разделить на две группы, сущность которых представлена в *таблице 1*.

Наименование фактора	Характеристика
Первый	Экономические факторы: изменение издержек на топливо, основную и дополнительную заработную плату, на смазочные и другие эксплуатационные материалы, на шины, на техническое обслуживание и ремонт, на амортизационные отчисления, на накладные расходы.
Второй	Организационно-технические факторы: они оцениваются изменением коэффициентов использования пробега, грузо- и пассажироместимости, технической скорости и др.

Прежде чем переводить грузовой автомобиль на газ следует решить, какой из его видов выбрать. В качестве моторного топлива используют: сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан), компримированный природный газ (метан), сжиженный природный газ (метан), – у каждого из них есть и достоинства, и недостатки, и своя область применения. Сжиженный нефтяной газ (основные компоненты смеси) – пропан и бутан. Этот газ имеет высокую критическую температуру, что помогает его сжижать и поставлять потребителю в «новом» агрегатном состоянии под невысоким давлением (до 1,6 МПа). Используют две марки пропан-бутановых смесей: летнюю (до 55 % пропана от общего объёма) и зимнюю (до 95 % пропана от общего объёма). Введение двух марок смесей позволило учесть свойства сжиженного нефтяного газа в зависимости от окружающей температуры, что позволяет круглый год эксплуатировать газобаллонные грузовые автомобили. Сжатый (компримированный) природный газ имеет низкую критическую температуру, поэтому если бы возникла необходимость его сжижения, для этого потребовалось бы применение специальных криогенных установок. Подобная процедура приводит к удорожанию топлива и ставит под сомнение целесообразность установки ГБО. Поэтому природный газ, основа которого – метан, сжимают до

25–32 МПа, что примерно равно рабочему давлению системы, и закачивают в баллон.

Метан, необходимый для автомобильного транспорта, к потреблению может поставляться:

- по международной газопроводной сети;
- в виде сжиженного природного газа с помощью наливных сосудов, автомобильных или железнодорожных цистерн;
- по местным трубопроводам низкого давления (биометан)
- автомобильными цистернами (сжиженный биометан)

С учетом огромного ресурсного потенциала участники рынка и выстраивают свои дальнейшие стратегии развития. Так, недавно «Газпром СПГ технологии» Подписал соглашения о сотрудничестве с «Мострансом», «Ивеко Россия», КАМАЗом, «Уралвагонзаводом» и «Газхолдтехникой». Документами предусмотрены координация загрузки действующих и планируемых к вводу объектов газомоторной инфраструктуры. Совместная разработка программ реализации и внедрения ГМТ-техники, а также участие в реализации региональных и отраслевых программ по ее внедрению. В частности, «Мостранс» приобретает газовые тягачи Iveco для обслуживания логистических центров столицы и области и перевозки грузов между Москвой и Санкт-Петербургом. Также компания планирует приобретать СПГ-тягачи КАМАЗ для доставки собственно СПГ от производств до точек реализации. А «Газхолдтехника» и УВЗ разрабатывают и производят криогенные топливные баки и системы для техники и криогенные ёмкости для перевозки СПГ разными видами транспорта.

Перевод находящихся в эксплуатации бензиновых ДВС на альтернативные виды топлива приводит к измерению ряда их эксплуатационных качеств, в том числе экологических характеристик ОГ. В связи с этим, обоснованный подбор топлива, в настоящее время актуален. Следовательно, подбор альтернативных топлив необходимо проводить на основе оценки по критериям технической приспособленности автотранспортных средств, их экологической опасности и экономической эффективности.

**Затраты энергоресурсов на производство альтернативных и традиционных топлив, руб.**

Параметр	Вид топлива			
	Бензин	Водородное топливо	Компримированный природный газ	Электроэнергия
Электроэнергия	22,66	12 908	4 442,1	0
Углеводородное топливо	60	202 720	720	7,4
Итого:	87,66	215 628	5 162,1	7,4

**Затраты на экологический налог, руб.**

Параметр	Вид топлива			
	Бензин	Водородное топливо	Компримированный газ	Электроэнергия
Углеводород	232,2	1 026	3,24	1728
Сероводороды	1,3724	0	27,448	5,4896
Сернистые ангидриды	9 080	0	0,908	78,996
Итого:	9 313,57	1 026	31,596	1812,49

**Результаты расчета затрат на топливо за 1 год, руб.**

Параметры		Виды альтернативного топлива			
		Бензин	Водородное топливо	Компримированный природный газ	Электроэнергия
Норма расхода, л/км		7,2	1,14	5	0,164
Затраты на топливо, руб.	Для легкового автомобиля	3 909 780		1 494 300	11 340,6
	Для грузового автомобиля	78 195 600	235 846 620	29 886 000	226 812
	Для автобуса	1 563 912	4 716 932,4	597 720	4 536,24
Затраты на Т0-1 и Т0-2, руб.		227 289,24	0*	373 755,6	155 343,6

**Результаты расчета экономии топлива, руб.**

Экономия	Виды альтернативного топлива			
	Бензин	Водородное топливо	Компримированный природный газ	электроэнергия
Легковой автомобиль	-	-7 030 328,90	1 515 722,80	4 342
Грузовой автомобиль	-	- 133 301 816,00	25 939 354,00	94 162 453
Автобус	-	-2 726 909,30	591 398,22	1 822 376

## Основные факторы эффективности природного газа

Факторы	Характеристика
Технические	Изменение издержек на топливо, основную и дополнительную заработную плату, издержки на смазочные и другие эксплуатационные материалы, на шины, на техническое обслуживание и ремонт, амортизационные отчисления, накладные на товар расходы.
Организационно-технические	Оцениваются изменением коэффициентов использования пробега, грузо- и пассажиро-местимости, технической скорости и др.

### Преимущества КПГ

**Экономичность** : Метан – самое экономичное топливо, требующее минимальных затрат на переработку. Природный газ – фактически готовое топливо, не требующее никакой переработки, кроме сжатия в компрессоре и осушки. Средняя розничная цена 1 м<sup>3</sup> метана (который по своим энергетическим свойствам равен 1 литру бензина) – 21-22 рубля по состоянию на 1 января 2023 года. Это примерно в 2 раза дешевле бензина или дизельного топлива. Всё дело в том, что природный газ (КПГ) – топливо самостоятельное, его цена не зависит от стоимости нефти, как в случае с бензином и дизелем. Цена автомобильного природного газа на протяжении многих лет остаётся неизменно стабильной. Сложный технологический процесс приготовления бензина, дизеля и пропан-бутана, а также их доставка в автоцистернах до АЗС увеличивают их стоимость на порядок. Природный газ не требует затрат на переработку, транспортируется по трубопроводам прямо на заправку. Именно поэтому его называют «готовым топливом». Природный газ, который добывается на месторождениях, проходит очистку, осушку, сжимается (компримируется) и дальше транспортируется по трубопроводам. Через распределительные сети сжатый природный газ попадает на автомобильную газонаполнительную станцию. Здесь он проходит повторную очистку, осушку, сжатие и подаётся в бак автомобиля в качестве топлива. Фактически в топливный бак газ попадает прямо с месторождения. А потому его конечная цена намного ниже, чем у продуктов нефтепереработки.

**Экология.** Газообразные углеводородные топлива относятся к наиболее чистым в экологическом отношении моторным топливам. Выбросы токсичных

веществ с отобранными газами, по сравнению с выбросами при работе на бензине в 3-5 раз меньше.

**Минимальная амортизация.** При правильной эксплуатации установленного газового оборудования межремонтный период до замены резинотехнических изделий составит не менее 5 лет. Более того, многие детали установленного ГБО могут быть переустановлены на другой автомобиль, продолжая служить ещё долгое время.

**Безопасность.** Метан безопасен, при разгерметизации оборудования газ сразу улетучивается, а не оседает, в отличие от других видов топлива.

## Литература

1. Гребёнкина А.В., Литвинова Т.А., Косулина Т.П. Применение принципов НДТ к процессам подготовки природного газа к транспорту // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 130–133.
2. Григорьева О.С., Будкевич Р.Л. Противоизносные присадки как способ улучшения качества дизельного топлива // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 75–77.
3. Карпова А.А., Лукманов А.В., Хакимов И.Р. Синтез многофункциональной присадки к моторным топливам // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 129–131.
4. Кириллов Н.Г. Нефть, природный газ и альтернативные моторные топлива // Нефтегазовые технологии. – 2002. – № 4. – С.15–20.
5. Клементьев А.С., Филькин Н.М. Экономическая эффективность автомобилей при конвертации их двигателей внутреннего сгорания на компримированный природный газ // Технология колесных и гусеничных машин. – 2014. – № 4. – С. 11–16.
6. Лукманов А.В., Карпова А.А., Хакимов И.Р. Синтез многофункциональной присадки к бензиновым топливам // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 163–166.
7. Мирон Б.К. Экологическая эффективность применения сжиженного углеводородного газа на автомобильном транспорте в качестве моторного топлива // Материалы V Международной научной конференции «Актуальные вопросы технических наук» (20–23 февраля 2019 года). – Санкт-Петербург: Своё издательство, 2019. – С. 45–48.
8. Николаева Л.А. Определение пригодности композиционного топлива к хранению // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 229–230.
9. Рахмонов Т.З. Исследование гидродинамики массообменных тарелок колонных аппаратов установок для очистки природного газа // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 6. – С. 79–84.
10. Самсоненко И.А. Перспективы сжижения и использования шахтного метана в качестве моторного топлива // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 5. – С. 273–274.
11. Сковороднева Е.В. Экономические и экологические аспекты применения газомоторного топлива как основной альтернативы существующим видам топлива // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационные достижения зелёной логистики: международный опыт и российская практика». XIII Южно-Российский логистический форум (19–20 октября 2017 года, г. Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), 2017. – С. 349–352.

12. Тихомирова О.Б., Тихомиров А.Н. Новые вопросы перевода на газ автомобильных двигателей // Транспортные системы. – 2017. – № 2 (5). – С. 44–50. 13. Фаттахова А.Ф., Дрючин Д.А., Янучков М.Р. Обоснование области применения газового топлива на автомобилях с бензиновыми двигателями // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 4 (179). – С. 119–125. 14. Хабибуллин А.М., Каримова А.Р. Получение синтетической нефти из природного газа // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 4. – С. 238–240.