

DOI: 10.58168/ATER2025_128-138
УДК 621.43:629.5.

Попов Д.А.

к.т.н., доцент кафедры
машиностроительных технологий,
Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Попов П.Н.

аспирант кафедры машиностроительных
технологий, Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Кабанцов В.Д.

студент 3 курса машиностроительного
факультета Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Иванов Д.А.

студент 3 курса машиностроительного
факультета Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Скрыльников Н.В.

студент 3 курса машиностроительного
факультета Воронежский государственный
лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Popov D.A.

candidate of technical sciences, associate
professor of the department of mechanical
engineering technologies, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

Popov P.N.

postgraduate Student, Department of
Mechanical Engineering Technologies,
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Kabantsov V.D.

third-year student in the Mechanical
Engineering Department at the Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

Ivanov D.A.

third-year student in the mechanical
engineering department at the Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

Skrylnikov N.V.

third-year student in the mechanical
engineering department at the Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ДВУХТОПЛИВНЫХ И ГАЗОВЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ ДВС НА ТРАНСПОРТЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

DEVELOPMENT DYNAMICS OF DUAL-FUEL AND GAS POWER SYSTEMS FOR ICE IN TRANSPORT: PROBLEMS AND PROSPECTS

Аннотация. В статье приведены краткие результаты аналитического обзора на основе данных отраслевых отчетов о фактическом состоянии, проблемах и перспективе развития двухтопливных систем питания, а также газовых двигателей внутреннего сгорания. Оценивается экономический потенциал наиболее богатых запасами природного газа стран и динамика развития газомоторного топлива. Дана оценка технических задач, а также субъективных факторов, препятствующих переходу на газомоторное топливо.

Abstract. This article presents a summary of the results of an analytical review based on industry reports on the current status, challenges, and development prospects of dual-fuel systems and gas internal combustion engines. It assesses the economic potential of countries with the largest natural gas reserves and the dynamics of gas motor fuel development. An assessment of the technical challenges and subjective factors hindering the transition to gas motor fuel is provided.

Ключевые слова: газомоторный транспорт, двухтопливные системы питания, экология, энергетика, проблемы и перспективы.

Keywords: gas-powered transport, dual-fuel power systems, ecology, energy, problems and prospects.

Введение

Результаты аналитических данных указывают на то, что газовые и двухтопливные системы питания (бензин-газ, дизель-газ) ДВС имеют стратегический и экономический потенциал особенно для богатых природным газом стран, таких как Россия, США, Иран. При том, что общий тренд развития транспорта свидетельствует о переходе на экологичные виды топлива, в основном электричество, для многих стран северного полушария с относительно холодными зимами, применение электрической тяги пока остается не выгодными более реалистичным является применение газомоторных двигателей, отличающихся как экологичностью, так и экономичностью по отношению нефтяным топливам. Мировые и отечественные аналитические агентства дают прогноз того, что мировой рынок газомоторного транспорта вырастет с 15,64 млрд долларов США в 2025 году до 31,06 млрд долларов США к 2035 году, демонстрируя среднегодовой темп роста 7,1%. Реализация государственных программ развития в России может увеличить потребление газа на транспорте с 2,52 млрд м³ в 2024 году до 9,6–13,9 млрд. м³ к 2035 г., [1] что позволит существенно повысить долю газомоторного транспорта и активизировать развитие транспортной газовой инфраструктуры, обучение персонала для переводов транспорта на газ и его техническое обслуживание.

Основная задача, на решение которой акцентирована данная статья, направлена на поиск наиболее рациональных направлений развития транспорта с использованием ДВС на газе или двухтопливной системе питания в контексте утверждённой правительством РФ программы развития газомоторных транспортных средств и их инфраструктуры.

Оригинальность работы состоит в комплексном сравнительном анализе вариантов становления газомоторного транспорта в России и мире. Это позволит дать относительный прогноз динамики и потенциала развития газомоторного транспорта в ближайшие 10 лет.

Существующие исследования газомоторного транспорта можно в целом разделить на несколько направлений: технические исследования, посвященные технологиям двигателей и характеристикам выбросов; экономический анализ конкурентоспособности по стоимости в сравнении с традиционными видами топлива

и альтернативными; исследования политики, изучающие нормативно-правовую базу и системы стимулирования; и рыночные прогнозы, прогнозирующие темпы внедрения при различных сценариях. В литературе утверждается, что газомоторные автомобили обеспечивают значительное снижение выбросов углекислого газа (CO_2) – примерно на 20 % – по сравнению с бензиновыми автомобилями, при этом наблюдается еще большее снижение выбросов оксидов азота (NO_x) и твердых частиц (PM) [2].

В исследовательской литературе наблюдается заметный географический перекос: большинство исследований концентрируются на азиатских рынках (в частности, Китае и Индии), в то время как российские разработки получили меньше внимания на международном уровне, несмотря на стратегические инициативы страны. Данная статья призвана восполнить этот пробел, представляя всесторонний анализ недавно утвержденной в России Концепции развития рынка газомоторного топлива до 2035 года и сравнивая ее положения с мировыми тенденциями. Исследование опирается на официальные правительственные документы, отраслевые отчеты и анализ рынка для формирования комплексной перспективы развития газомоторного топлива.

1. Современное состояние и перспективы газомоторного транспорта в России

В сентябре 2025 г. Правительство Российской Федерации утвердило Концепцию развития рынка газомоторного топлива до 2035 г. – документ, определяющий развитие газомоторного транспорта в качестве национального приоритета. Как подчеркнул премьер-министр Михаил Мишустин, «использование газомоторного топлива является приоритетным направлением для нашей страны» [3]. Это направление, обозначенное, как национальный проект позволит существенно повысить численность автомобильного транспорта гражданского и коммерческого назначения, спецтранспорта, а также стимулирует развитие газовой инфраструктуры и позволит частично разгрузить экологическую напряженность больших городов.

В документе выделены восемь сегментов транспортных средств и оборудования, в которых переход на газомоторное топливо принесет существенный экономический и экологический эффект: автомобильный транспорт; морской и речной транспорт; железнодорожный транспорт; сельскохозяйственная техника и оборудование; коммунальная и дорожно-строительная техника; специализированная техника для карьеров и горнодобывающей промышленности. Этот

комплексный подход отражает стратегическое значение развития газомоторного транспорта не просто как нишевого рынка, а как фундаментальной трансформации транспортной системы России [5].

Приоритетные направления развития и основные целевые параметры программы

Концепция развития газомоторного топлива в России предполагает два основных сценария развития с двумя уровнями, которые предполагается достичь: 1) базовый, предполагающий достижение минимальных целевых показателей с учетом внешнеэкономической напряженности и внутренних объективных трудности и 2) целевой – полностью отвечающий максимальным запросам государства на предполагаемый период, обусловлен благоприятным развитием как внешних обстоятельств, так и активным вовлечением населения и инвесторов в реализацию программы, варианты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты развития газомоторного транспорта в России до 2035 г. [4, 5]

Показатель	Базовый сценарий	Целевой сценарий
Производство новых газобаллонных автомобилей	347,3 тыс. ед.	528 тыс. ед.
Модернизация существующих автомобилей	369,5 тыс. ед.	525 тыс. ед.
Строительство гражданских судов	80 ед.	107 ед.
Производство локомотивов	113 ед.	149 ед.
Сельскохозяйственная техника	4 тыс. ед.	18,7 тыс. ед.
Карьерная техника	1,6 тыс. ед.	2,9 тыс. ед.
Коммунальная и дорожно-строительная техника	2,5 тыс. ед.	3,8 тыс. ед.
Потребление газа	9,6 млрд м ³	13,9 млрд м ³
Заправочная инфраструктура	2213 ед.	2715 ед.

Реализация этих планов позволит России увеличить потребление газа на транспорте с текущих 2,52 млрд. м³ до 9,6 млрд куб. м³ к 2035 году в базовом сценарии или до 13,9 млрд куб. м³ в целевом сценарии [1].

Развитие и поддержка инфраструктуры

Развитие газомоторного транспорта неразрывно связано с развитием соответствующей газозаправочной инфраструктуры. Согласно Концепции, в базовом сценарии количество газозаправочных станций должно увеличиться с 1170 в 2024 году до 2213 к 2035 году, а в целевом сценарии — до 2715 станций. В настоящее время в России насчитывается около 70 заправок сжиженным природным газом (СПГ), сосредоточенных преимущественно в Центральной России,

что позволяет использовать газ для поездок из Москвы в Екатеринбург или Сочи, хотя охват за пределами этих маршрутов остается ограниченным [5, 6].

Для стимулирования развития рынка Правительство Российской Федерации внедрило систему мер поддержки, включая субсидии на перевод транспортных средств на метан в новых регионах, таких как Республика Ингушетия, Республика Коми, Республика Марий Эл и Хабаровский край. Рассматриваются также дополнительные меры поддержки, включая налоговые льготы, льготное кредитование и лизинг, а также возможное освобождение от уплаты транспортного налога, платы за систему «Платон», платы за проезд по платным дорогам и платы за парковку. Доклад об этих мерах поддержки запланирован на 20 февраля 2026 года, что свидетельствует о приверженности правительства созданию благоприятных условий для развития отрасли [5, 6].

2. Динамика мирового рынка и прогнозы развития

Мировой рынок автомобилей, работающих на природном газе, демонстрирует устойчивый рост, обусловленный экологическими проблемами, экономическими факторами и соображениями энергетической безопасности. Согласно прогнозам, мировой рынок автомобилей на природном газе вырастет с 15,64 млрд долларов США в 2025 году до 31,06 млрд долларов США к 2035 году, со совокупным годовым темпом роста 7,1%. Азиатско-Тихоокеанский регион продолжает доминировать в сфере использования газомоторного топлива благодаря таким странам, как Индия и Китай, где государственная политика активно продвигает автомобили на природном газе в рамках более широких экологических стратегий. [1]

В Китае на начало 2024 года приходилось около 42% продаж тяжелых грузовиков, что отражает стратегическую направленность страны на сокращение выбросов и спроса на дизельное топливо. Правительство Китая оказывает финансовую поддержку приобретению грузовиков на природном газе, покрывая 20–50% стоимости транспортных средств, и построило более 5000 сетей заправок СПГ по всей стране. Кроме того, муниципальные автобусы в ключевых городах обязаны перейти на КПГ/СПГ, что демонстрирует комплексный подход к внедрению газомоторного топлива. [1]

3. Технологические инновации и тенденции развития

Технологические инновации в развитии газомоторного транспорта направлены в основном на повышение надежности и эффективности управля-

ющих систем и их исполнительных механизмов, безопасности транспортировки и хранения газомоторного топлива, а также развитие инфраструктуры, обеспечивающей удобства в логистике заправок, а также сокращение времени заполнения баллонов. Основные тенденции в развитии газомоторных транспортных средств:

1) Перевод ДВС на двухтопливные системы питания (бензин-газ или дизель - газ) позволяют существенно до 70 % сократить потребление жидкого топлива, повысить запас хода, а также снизить выбросы CO и CH.

2) Разработка и совершенствование новых типов газовых композитных баллонов, обеспечивающим гарантированную взрыва и пожаробезопасность при относительно меньшей массе.

3) Совершенствование подготовки водителей и обслуживающего персонала, направленное на формирование компетенций профессионального обслуживания топливных систем с соблюдением культуры производства.

4) Модернизация с техническим усовершенствованием топливозаправочных станций, обеспечивающих комфортную, оперативную и безопасную заправку транспортных средств, включая развитие виртуальных трубопроводов для снабжения труднодоступных регионов РФ.

5) Эксплуатации ТС с ДВС на газомоторном топливе или двухтопливной системе питания способствует повышению ресурса ДВС за счет отсутствия детонации и нагара, лучшего смешения топливовоздушной смеси, меньшего износа цилиндропоршневой группы, особенно в зимнее время.

В российском контексте технологическое развитие сосредоточено на создании отечественных технологий для производства и эксплуатации газомоторного транспорта в соответствии с политикой страны по импортозамещению. Как отмечается в Концепции, Россия стремится к достижению технологической независимости в этом секторе, при этом такие компании, как «Газпром», оказывают инфраструктурную, технологическую и методическую поддержку. [1]

4. Экологические и экономические аспекты

Экологические преимущества перевода транспорта на газомоторное топливо неоспоримы и позволяют существенно снизить загрязнения воздуха особенно в мегаполисах. Согласно исследованиям, легковые автомобили, работающие на КПП, выбрасывают до 20 % меньше CO₂, чем легковые автомобили, работающие на бензине. В транспортном секторе в целом использование природного газа обычно приводит к снижению выбросов CO₂ примерно на 20%,

CO₂ – на 97%, углеводородов – на 72% и оксидов азота – на 30% по сравнению с традиционными видами нефтяного топлива (табл. 2).

Экономия средств на топливо при переходе на газ, также является значительным стимулом и позволяет существенно сократить издержки не только при коммерческом применении транспорта, но и личного. В среднем экономия составляет до 140 тыс. р/ год при эксплуатации легкового автомобиля в режиме такси, а для грузовых машин, автобусов и специального транспорта экономия будет еще в 1,5-2 раза выше.

Таблица 2 – Сравнительные экологические характеристики различных видов топлива [1, 2]

Тип выбросов	Снижение по сравнению с бензином/дизельным топливом	Вид транспорта
CO ₂	на 20 %	общественный
CO	на 95 %	общественный
HC	на 70 %	общественный
NO _x	на 30 %	общественный
CO ₂	на 10 %	общественный
твёрдые частицы	отсутствуют	легковой

5. Факторы, препятствующие активному переходу на газомоторное топливо

Кроме существующих факторов, рассмотренных выше и указывающих на целесообразность применения газа в качестве топлива, имеются также объективные и субъективные проблемы и задачи, препятствующие динамичному и масштабному переходу транспорта на газ, а именно:

1) Непрерывное повышение стоимости газа, нестабильность его стоимости, связанная с растущим спросом на мировом рынке, применение альтернативных источников энергии, политическая нестабильность и т.п. такое нестабильное состояние цен не привлекает потребителей, так как может свести к нулю предполагаемый экономический эффект от перевода автомобиля с нефтяного топлива на газ;

2) Отсутствие или недостаточная развитость инфраструктуры как заправочных станций, так и специализированных станций технического обслуживания и установки газобаллонного оборудования, и специалистов. По состоянию на 2025 год в России насчитывается всего 70 заправочных станций СПГ, в основном сосредоточенных в Центральной России. В то время как такие крупные транспортные коридоры, как Москва-Екатеринбург и Москва-Сочи, постепенно охватываются, обширные регионы страны остаются без адекватных возможностей для заправки, что создает порочный круг: ограниченная инфраструктура

препятствует приобретению автомобилей, что, в свою очередь, подрывает экономическую целесообразность расширения инфраструктуры. [6-7].

3) Технические сложности, обусловленные широкой номенклатурой марок автотранспортных средств, спецтехники и автобусов зарубежных производителей. Это создает трудности в выборе схемы монтажа газобаллонного оборудования на конкретную модель, особенно азиатских производителей, по автомобилям которых недостаточно наработан опыт устройства обслуживания и ремонта [8-10]. Двигатели отдельных марок как зарубежного, так и отечественного производства (рис.) не приспособлены к работе на газомоторном топливе или плохо переносят эксплуатацию на газовом топливе, детали их выпускной системы и в первую очередь клапана и их посадочные втулки (седла) не обладая достаточной для работы на газе жаропрочностью могут деформироваться, при этом двигателю требуется сложный дорогостоящий ремонт



а) – общий вид; *б*) – вид клапана, вышедшего из строя

Рисунок – Состояние ГБЦ двигателя ЗМЗ-406.1 после отказа

4) Кроме этого, существуют субъективные факторы, связанные с негативным восприятием потребителями необходимости технического вмешательства в двигатель при установке ГБО, особенно новый автомобиль, которое может сказаться на возможном снижении надежности автомобиля или отказом дилера от гарантийных обязательств. Немаловажное значение также имеет боязнь потребителей эксплуатировать автомобиль, в салоне которого находится баллон с сжиженным СНГ или сжатым природным (КПГ) газом, который они осознают, как потенциальную опасность в случае утечек при поломке или ДТП, даже несмотря на гарантированную прочность баллонов, наличие на баллоне несколько клапанов, предохраняющих баллон как при утечках, так и пожаре.

5) Газовые баллоны на легковом автомобиле устанавливаются преимущественно в багажном отсеке. Это объективно сокращает полезный объем багажника, что также является аргументом потребителей против установки ГБО.

7. Заключение и выводы

Планы правительства РФ по развитию рынка в ближайшее десятилетие призваны обеспечить формирование новый сегмент экономики, включающий как повышение производства отечественных газомоторных автомобилей, так и переоборудование существующих, а также развитие инфраструктуры. На все эти задачи выделяются существенные бюджетные средства. Но для успешного достижение целевых показателей потребуется также параллельно развивать обучающие программы для молодых водителей в автошколах, реализовывать программы ознакомления и популяризации газомоторного транспорта для водителей со стажем. Кроме это, по ряду вопросов, связанных с повышением надежности, безопасности, экологичности и эффективности эксплуатации газомоторных и двухтопливных транспортных средств потребуется проведении НИОКР с целью непрерывного повышения качества и эффективности эксплуатации газомоторных ТС.

На основе проведенного аналитического обзора можно сделать основные выводы:

1. В ближайшие годы в РФ ожидается активное развитие газовой инфраструктуры;
2. Ожидается кратное увеличение числа газомоторных автомобилей;
3. Приоритетом в создании новых образовательных программ, в частности, среднего профессионального обучения станет технического обслуживание и ремонта газомоторных и двухтопливных двигателей;
4. Грантовая поддержка молодых ученых и специалистов, также будет ориентирована на НИОКР в области совершенствования техники и технологий на газомоторном транспорте.
5. Со стороны государства ожидается комплекс мер по стабилизации цен на природный газ и субсидирование предприятий и частных владельце по переводу транспорта на газ, а также различного рода поощрений (акции, льготы и т.п.).
6. С учетом стратегической политики импортозамещения ожидается развитие смешных к газу отраслей производства, переработки и транспортировки газового топлива, технических компонентов, оборудования и т.п.

7. Возможно ужесточения экологических норм и требований к транспортным средствам на жидком топливе в виде повышения налогов др. мер.

Список литературы

1. Рост рынка автомобильных газовых транспортных средств - тенденции и прогноз на 2025 по 2035 гг. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/ru/reports/automotive-natural-gas-vehicle-market>
2. Analysis of China's Natural Gas Heavy-Duty Truck Industry Chain, Development Environment, Market Sales and Trends in 2025: Market sales hit a record high, and are expected to continue to increase in the future. URL: <https://finance.sina.com.cn/stock/relnews/hk/2025-08-20/doc-infmqwak0509348.shtml>
3. 8 сентября 2025 года — исторический день для рынка газомоторного топлива. URL: <https://gmt.gazprom.ru/press/news/2025/09/452/>
4. Газомоторное топливо в России: планы производства техники и транспорта. URL: <https://sdexpert.ru/news/project/gazomotorное-toplivo-v-rossii-plany-proizvodstva-tekhniki-i-transporta/>
5. Утверждена Концепция развития рынка газомоторного топлива до 2035 года. URL: <https://seanews.ru/2025/09/09/ru-utverzhdena-koncepcija-razvitija-rynka-gazomotorного-topliva-do-2035-goda/>
6. Регионы переводят общественный транспорт на новое топливо. URL: <https://rg.ru/2025/10/07/gaz-raduetsia.html>
7. Газомоторное топливо в России: планы производства техники и транспорта. URL: <https://sdexpert.ru/news/project/gazomotorное-toplivo-v-rossii-plany-proizvodstva-tekhniki-i-transporta/>
8. Ипатов А.А. Приоритетные вопросы организации устойчивого развития автомобильной промышленности. – М., Сб. научных трудов по материалам докладов на III Международном автомобильном научном форуме (МАНФ) в ТНЦ РФ «НАМИ», вып. 236. – 2006. – с. 5-16.
9. Переход автотранспорта на природный газ: нормативно-справочное пособие /А.И. Морев, П.Г. Загладин, О.А. Петренко и др. - М., ИРЦ ГАЗпром, 1995. – с. 140.
10. Коноплев В.Н. Формирование топливно-скоростных качеств грузовых автотранспортных средств серийного производства, работающих на газомоторных топливах... М., РНЦ «Курчатовский институт» 2006. – 147 с.

References

1. Automotive Natural Gas Vehicle Market Growth - Trends and Forecast for 2025 to 2035. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/ru/reports/automotive-natural-gas-vehicle-market>
2. Analysis of China's Natural Gas Heavy-Duty Truck Industry Chain, Development Environment, Market Sales, and Trends in 2025: Market sales hit a record high and are expected to continue to increase in the future. URL: <https://finance.sina.com.cn/stock/relnews/hk/2025-08-20/doc-infmqwak0509348.shtml>
3. September 8, 2025 – a historic day for the natural gas vehicle fuel market. URL: <https://gmt.gazprom.ru/press/news/2025/09/452/>
4. Natural Gas Motor Fuel in Russia: Equipment and Transport Production Plans. URL: <https://sdexpert.ru/news/project/gazomotorное-toplivo-v-rossii-plany-proizvodstva-tekhniki-i-transporta/>
5. The Concept for the Development of the Natural Gas Motor Fuel Market through 2035 has been approved. URL: <https://seanews.ru/2025/09/09/ru-utverzhdena-koncepcija-razvitija-rynka->

gazomotornogo-topliva-do-2035-goda/

6. Regions are switching public transport to a new fuel URL: <https://rg.ru/2025/10/07/gaz-raduetsia.html>

7. Gas motor fuel in Russia: plans for the production of equipment and transport. URL: <https://sdexpert.ru/news/project/gazomotornoe-toplivo-v-rossii-plany-proizvodstva-tekhniki-i-transporta/>

8. Ipatov A.A. Priority issues of organizing the sustainable development of the automotive industry. - Moscow, Collection of scientific papers based on the materials of reports at the III International Automobile Scientific Forum (IASF) in the TNC RF "NAMI", issue. 236. – 2006. – pp. 5-16.

9. Transition of Motor Transport to Natural Gas: A Reference Manual /A.I. Morev, P.G. Zagladin, O.A. Petrenko, et al. - M., IRC GAZprom, 1995. – p. 140.

10. Konoplev V.N. Formation of Fuel-Speed Qualities of Serial-Produced Freight Vehicles Running on Gas Motor Fuels... M., RRC "Kurchatov Institute", 2006. – 147 p.