

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ
РЕСПУБЛИКИ
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ
РЕСПУБЛИКИ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО И
ДОРОЖНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДОНЕЦКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, БЕЛАРУСЬ
ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МАЙКОПСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МАТЕРИАЛЫ

**XI Международной
научно-практической конференции**

**«Научно-технические аспекты
инновационного развития
транспортного комплекса»**



28 мая 2025 года

Донецк – 2025 г.

УДК 656.1

Оргкомитет конференции:

Трофимов О.В., министр образования и науки Донецкой Народной Республики – председатель программного комитета конференции.

Бондаренко А.А., министр транспорта Донецкой Народной Республики – сопредседатель программного комитета конференции.

Энглези И.П., д.т.н., доц., ректор Донецкой академии транспорта.

Куижева С.К., д.э.н., доц., ректор Майкопского государственного технологического университета.

Романовский Ю.Я., к.физ.-мат.н., доц. ректор Полоцкого государственного университета, Беларусь.

Сильянов В.В., д.т.н., проф., президент Международной ассоциации автомобильного и дорожного образования.

Володарец Н.В., к.т.н., доц., проректор по научно-педагогической работе Донецкой академии транспорта.

Мойся Д.Л., к.т.н., доц., проректор по учебной работе Донецкой академии транспорта.

Овсянникова Т.А., д.ф.н., профессор, проректор по научной работе и инновационному развитию Майкопского государственного технологического университета.

Ткачева Я.С., к.э.н., доц., зав. кафедрой «Автомобильный транспорт» Майкопского государственного технологического университета.

Матюшинец Т.В., к.т.н., доц., декан автотракторного факультета Белорусского национального технического университета (Беларусь).

Иванов В.П., д.т.н., проф., профессор каф. автомобильного транспорта Полоцкого государственного университета, Беларусь.

Гасанов Б.Г., д.т.н., проф. каф. «Международные логистические системы и комплексы» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ).

Палагин Ю.И., д.т.н., проф. каф. «Интермодальные перевозки и логистика» Санкт- Петербургского государственного университета гражданской авиации им. А.А. Новикова.

Глинский В.А., к.т.н., доц. каф. «Интермодальные перевозки и логистика» Санкт- Петербургского государственного университета гражданской авиации им. А.А. Новикова.

Ответственный за проведение конференции:

Володарец Н.В., к.т.н., доц., проректор по научно-педагогической работе Донецкой академии транспорта.

Рекомендовано к печати Ученым советом Донецкой академии транспорта (протокол № 9 от 29.05.2025г.).

Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса:
сборник научных трудов по материалам XI Международной научно-практической конференции, 28 мая 2025 года.– Донецк: Донецкая академия транспорта, 2025. – 154 с.

Сборник содержит научно-методические труды студентов, аспирантов, молодых ученых, сотрудников ВУЗов, учебных заведений, представителей предприятий и практикующих специалистов, рассматривающие проблемы и современные инновационные решения в области транспорта. Всю полноту ответственности за содержание предоставленных материалов и сам факт их публикации несут авторы. Редакция сборника трудов не всегда разделяет мнения авторов и не несет ответственности за недостоверность публикуемых данных. Редакция не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией материалов.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ №1. ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ	5
Андреева А.А., Палагин Ю.И. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКИ ПОСЫЛОК	6
Ани К.А., Глинский В.А. РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ	8
Соболь О.В., Савенков Н.В., Греднев Д.С., Борисов Д.В., Костровский М.О. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАЗОПЕРЕХОДНЫХ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ	11
Букина М.Д. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ СОСТАВЛЯЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ ПОКАЗАТЕЛЯ «НАДЕЖНОСТЬ» В СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ ПО ПЕРЕВОЗКЕ ПассажиРОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ	15
Гаврильева У.И., Палагин Ю.И. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ЯКУТИИ: РОЛЬ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	19
Матюхов Н.М., Глинский В.А. СМАРТ-КОНТРАКТ В БЛОКЧЕЙНЕ И ДОКУМЕНТАРНЫЙ АККРЕДИТИВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С УЧЕТОМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	23
Глинский В.А., Орлов В.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕРМИНАЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СИМУЛЯТОРОВ И ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ	26
Пашков Ю.А., Глинский В.А. ЦИФРОВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СКЛАДСКОЙ И ЗАКУПОЧНОЙ ЛОГИСТИКЕ	28
Chekerevac Z., Prigoda L.V. LOGISTIC CHALLENGES IN HYDROGEN PRODUCTION AND DISTRIBUTION	31
Яковлев Д.Ю., Палагин Ю.И. ВОЗДУШНЫЕ КОРИДОРЫ БУДУЩЕГО: РАЗВИТИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ АВИАПЕРЕВОЗОК	34
СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕМАТИКА НА ТРАНСПОРТЕ	39
Володарец Н.В., Сацюк А.В. ПРОБЛЕМЫ АВТОНОМНОГО ВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ	39
Кондратьева С.И., Полетайкин А.Н. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАКУПОК ИТ-АКТИВОВ В ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЯХ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО БЮДЖЕТА	41
Маренич А.С. ГЛАЗА БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ: СРАВНЕНИЕ LIDAR И КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ	44
Ткачёв С.А., Володарец Н.В. ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ	48
Шорох Д.В. ПРИМЕНЕНИЕ КАССЕТНО-КОНВЕЙЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СКОРОСТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ СВЯЗИ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ С МИНСКОМ	50

СЕКЦИЯ №3. ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА, ПРОИЗВОДСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ	53
Артамонова В.В., Соломаха Д.Н. ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ОТ КОРРОЗИИ	53
Мойся Д.Л., Бобров В.В., Никитенко С.В., Самарин И.Г., Терещенко Д.П. ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ МОДЕЛИ СЕДЕЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА	54
Петров А.В. ВАРИАНТ КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	59
Прилепский Ю.В., Володарец Н.В., Вегнер А.Д., Жидких Д.Е. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА АМПЛИТУДУ ВИБРОСИГНАЛА	62
Стрельник Ю.Н., Ларин Ю.А., Литвинчук К.В., Малик И.А., Храмцов В.А. НЕОБХОДИМОСТЬ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПОСЛЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА	65
СЕКЦИЯ №4. ЭНЕРГЕТИКА, ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ	69
Королёв М.Е., Абузярова Л.Д., Кравченко Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ	69
Полетайкин А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ АВАРИЙНОСТИ В НОВОСИБИРСКЕ ПО ЗАКАЗУ МИНТРАНСА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ	73
Одинцова А.А. «УМНЫЙ ТРАНСПОРТ»: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК	76
Хажокова С.С., Полканов К.В. ЭЛЕКТРОСАМОКАТЫ И ГИРОСКУТЕРЫ: СТАТИСТИКА ДТП И ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ	79
СЕКЦИЯ №5. ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	83
Ахунова И.Б., Бжентхалова И.М. ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЫЙ КОМПЛЕКС РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ В УСЛОВИЯХ СОЗДАНИЯ ГОРНОЛЫЖНОГО ЭКОКУРОРТА	83
Кадилова Е.А., Романова Ю.С., Глинский В.А. ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕРНЕТ-ЛОГИСТИКИ В ПРЕДПРИЯТИЯ ПОЛНОГО ЦИКЛА НА ПРИМЕРЕ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ	85
Кириченко И.А., Хлистун В.Р., Снятков Е.В. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНЫХ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДЗЕМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ	89
Королёв М.Е., Королёв Е.А., Чичкан Р.Р. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	92
Ловчикова Д.А., Палагин Ю.И. ОТ МУЛЬТИМОДАЛЬНОСТИ К СИНХРОМОДАЛЬНОСТИ: КАК МЕНЯЕТСЯ ЛОГИСТИКА БУДУЩЕГО	96
Пустохин Д.А. НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ «ЭФФЕКТИВНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА»	99
Пустохина И.В. РАЗВИТИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РОССИИ	101
Черняк А.Р. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГРУЗОВЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ МАССОВЫХ ГРУЗОВ	103

СЕКЦИЯ №6. ЛОГИСТИКА, ЭКОНОМИКА И МАРКЕТИНГ НА ТРАНСПОРТЕ 108

Аводков А.Н., Глинский В.А. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР "СЕВЕР - ЮГ": ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	108
Громов Д.А., Глинский В.А. РАЗВИТИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ	112
Громов Д.А., Палагин Ю.И. СУЭЦКИЙ КАНАЛ В ТИСКАХ ГЕОПОЛИТИКИ: РОЛЬ ХУСИТОВ В МИРОВОЙ ТОРГОВЛЕ И ВОЗМОЖНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ	114
Дедаева Л.М. МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСАЛТИНГОВЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	117
Железнова А.С., Пустохина И.В. АНАЛИЗ В2В-МАРКЕТПЛЕЙСОВ	120
Замараев В.В., Глинский В.А. ВЛИЯНИЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА ЛОГИСТИКУ РОССИИ В 2024 ГОДУ	124
Индрисов А.С., Ахунова И.Б. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ В РОССИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ	127
Козлов В.С., Султанова И.В., Чернецкий В.Ю. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ	130
Николаев Г.А., Мащенко В.В., Пустохина И.В. ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗОН КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ НА ЭКСПОРТ РОССИЙСКИХ ТОВАРОВ ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ	133
Сомова А.К., Глинский В.А. ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦВЕТОЧНОГО БИЗНЕСА В ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ	135
Степанов В.А., Палагин Ю.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАТРАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АУТСОРСИНГОВЫХ СКЛАДОВ И СОБСТВЕННЫХ СКЛАДСКИХ ПЛОЩАДЕЙ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ	138
Энглез В.Ю. РАЗВИТИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА	140

СЕКЦИЯ №7. СОЦИАЛЬНЫЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ 144

Белецкий В.В. ЛИЧНЫЙ АВТОМОБИЛЬ. СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКИЕ КОНТЕКСТЫ РЕФЛЕКСИИ	144
Головченко Н.И. ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ В ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ КОМФОРТА: ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПРАКТИКА РЕГУЛИРОВАНИЯ	147
Zagorodnova E.M. SOCIAL ASPECTS OF TRANSPORT DEVELOPMENT IN RUSSIA: CHALLENGES AND PROSPECTS	149
Лавриненко И.А., Титаев Д.В., Пустохина И.В. ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНОВ И ИХ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ	151

их надёжность и выбирать наиболее подходящих партнёров. Это помогает укрепить отношения с поставщиками и обеспечить более стабильные поставки товаров.

Анализ цен с использованием цифровых систем позволяет анализировать цены на товары у разных поставщиков. Это помогает выбрать наиболее выгодные предложения и оптимизировать затраты на закупки.

Выводы: Цифровое планирование является мощным инструментом для оптимизации складской и закупочной логистики. Оно позволяет автоматизировать процессы, анализировать данные, прогнозировать спрос, оптимизировать запасы и управлять поставщиками. Внедрение цифровых решений в логистику может привести к повышению эффективности, снижению затрат и улучшению качества обслуживания клиентов.

Список литературы:

1. Сток Дж. Р., Ламберт Д. М. Стратегическое управление логистикой. — М.: Инфра-М, 2005.
2. Чёпран С., Майндл П. Управление цепочками поставок: стратегия, планирование и операции. — СПб.: Питер, 2017.
3. Койла Дж. Дж., Барди Э. Дж., Лэнгли К. Дж. Управление бизнес-логистикой: взгляд через призму цепочки поставок. — М.: Вильямс, 2001.

UDC 656.01

*Chekerevac Z., Doctor of Technical Sciences, Professor
Independent Researcher, Belgrade, Serbia
Prigoda L.V., Doctor of Economic Sciences, Professor
Maikop State Technological University, Maikop, Russia*

LOGISTIC CHALLENGES IN HYDROGEN PRODUCTION AND DISTRIBUTION

Abstract. *This paper explores the logistical challenges of hydrogen production and distribution for road vehicle propulsion. While hydrogen is a promising energy carrier with excellent properties, its low energy density, high production costs, and demanding transport and storage requirements create significant obstacles. Through an analysis of the supply chain, regulatory challenges, and technological advancements, this study concludes that hydrogen can be a viable transitional solution toward sustainable transportation, specifically if produced using renewable energy and surplus electricity, while innovations in logistics and international standards alignment further support its potential.*

Keywords: *Hydrogen Production and Distribution, Hydrogen-Powered Vehicles, Hydrogen Logistics, Holistic Approach to Hydrogen Logistics.*

Аннотация. В статье анализируются логистические вызовы производства и распределения водорода для автомобильного транспорта. Несмотря на его перспективность, низкая энергетическая плотность, высокие затраты и сложные требования к транспортировке создают значительные препятствия. Исследование показывает, что водород может стать жизнеспособным решением для устойчивого транспорта при использовании возобновляемой энергии и инноваций в логистике.

Ключевые слова: Производство и распределение водорода, автомобили на водороде, логистика водорода, комплексный подход к логистике водорода.

Hydrogen as a fuel resurfaces as a topic of interest during environmental challenges or fossil fuel crises. The first hydrogen-powered engine was built in 1807 by François Isaac de Rivaz but wasn't suitable for widespread use. Etienne Lenoir developed the first commercial single-cylinder engine, in 1860, selling 350–400 units. During WWII, Boris Shelishch adapted 200 GAZ-AA trucks to run on hydrogen from spent barrage balloons [1].

Prototypes of hydrogen vehicle engines re-emerged in the 1970s during the oil crises but were set aside due to falling oil prices and technical limitations. In the late 20th century, concerns over CO₂ emissions renewed interest in hydrogen for transportation.

Today, two main hydrogen powertrains exist: Hydrogen Internal Combustion Engines (HICE), offering zero CO₂ emissions and quick refueling, and Fuel Cells (FC), which convert hydrogen into electricity with high efficiency and zero harmful emissions. Both types present challenges and benefits, aiding efforts to reduce emissions and transition to sustainable energy.

If we consider hydrogen from a logistics perspective, its characteristics are particularly significant. It is very light, and when used as fuel, its small molecules have a higher potential for leakage. They can easily pass through many materials that would otherwise be impermeable to larger molecules. Therefore, special sealing of pipelines and tanks is required. Hydrogen-air mixtures have a wide flammability range. Hydrogen burns with a colorless flame, which makes it difficult for firefighters to handle in case of a fire. It has a high flame speed, ranging from 2 to 3 m/s or even more. Hydrogen also has a high autoignition temperature. Its low density—approximately 14.4 times lighter than air—causes it to rise when it leaks. Because of its lower volumetric heating value, hydrogen must be stored in tanks under very high pressures (20 to 70 MPa) to ensure the necessary vehicle range. Consequently, it must be transported under very high pressure. When transported in tanker trucks, hydrogen is usually compressed to a pressure of at least 20 MPa, allowing for efficient storage and transport of large quantities. It should not be overlooked that producing hydrogen requires more energy than it can release at the point of use, making it more of an energy carrier than a fuel.

Hydrogen as a fuel for road vehicle propulsion presents significant logistical challenges. It is costly and requires large-scale production and delivery. Each phase of its supply chain involves complex operations and heightened risks. This section provides an in-depth exploration of hydrogen production stages and distribution for vehicle use.

Transporting hydrogen requires specialized infrastructure due to its unique properties. Hydrogen's low energy density makes compression (2–25 MPa) or liquefaction necessary for economical transport. Its high flammability and lack of developed infrastructure add to logistical challenges. Depending on demand and distance, transport can utilize pipelines, tanker trucks, or maritime shipping.

Pipeline transport is suitable for large-scale delivery, leveraging existing natural gas pipelines to reduce investment costs. Hydrogen loses pressure less over long distances than natural gas, needing input pressures of 2–3 MPa. However, risks like hydrogen embrittlement demand the development of advanced materials capable of withstanding such challenges. Hydrogen can migrate into metal pipe walls, causing material failure through two mechanisms: degradation in heat-affected zones (HAZ) and the growth of fatigue cracks (FCP) in the pipe base material. Research suggests X70 steel is a better material for mitigating these risks and recommends oxygen mixtures to limit embrittlement, particularly for small-diameter pipes (<250 mm). Purity requirements necessitate purification technologies like PSA, achieving hydrogen purity levels of 99.9999%.

Maritime transport is indispensable for intercontinental shipping. Compressed hydrogen (CGH₂) is economically viable over distances of several thousand kilometers, but liquid hydrogen (LH₂) offers higher volumetric density. LH₂ shipping benefits from Europe's LNG infrastructure, with 57 terminals operational by 2024. Evaporated hydrogen can fuel ships to minimize boil-off losses, as demonstrated by the HySTRA project [4]. Alternative methods include ammonia and Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs). Ammonia shipping is mature, with 38 exports and 88 import terminals globally [5], but energy-intensive synthesis and cracking make it less attractive. LOHCs promise easier handling but lack large-scale systems and require energy-intensive dehydrogenation.

For smaller quantities transportation, compressed hydrogen in pressure vessels is simplest, with Type III and IV vessels allowing capacities of 200–1000 kg per truck at pressures of 20–50 MPa. However, risks in road transport arise from hydrogen's flammability and high-pressure storage requirements. Accidents could result in hazardous leaks, fire, or explosions, demanding stringent safety protocols during transit. Cryogenic LH₂ tanks provide higher capacity (up to 4000 kg) and are suitable for medium distances (>130 km), though boil-off and residual hydrogen remain challenges. Despite these challenges, technologies like cryogenic tanks ensure that vented hydrogen can be recycled back to liquefaction plants, minimizing losses.

In addition to hydrogen-specific requirements, a holistic approach to hydrogen logistics must address challenges in the supply chain, including regulatory issues, environmental impact, technological advancements, and workforce training.

Regulatory challenges arise from varying standards between countries, complicating international hydrogen transportation. Discrepancies in safety regulations, storage protocols, and infrastructure requirements hinder global alignment. Different preferences for hydrogen sources and classifications further exacerbate these issues.

Environmental impacts include hydrogen leakage, which can harm the ozone layer and contribute to tropospheric ozone formation, adversely affecting air quality. Greenhouse gas emissions during hydrogen transport and storage, specifically if fossil fuels are used in production, pose significant concerns.

Technological advancements are vital for safer and more efficient hydrogen logistics. Innovations in nanotechnology, advanced materials for storage, and methods like renewable-powered electrolysis can minimize hydrogen's ecological footprint. Enhanced leak detection and pressure control systems further improve safety and reliability.

Training and education ensure the safe handling of hydrogen. Therefore, employees must receive training in safety protocols. They need to be familiar with high-pressure systems and cryogenic liquids. Emergency response procedures should also be part of their training. Regular updates to training programs are essential. This is particularly important when implementing new technologies. Maintaining safety standards and operational efficiency requires continuous education.

Conclusions. For decades, numerous authors, including the author of this paper, have explored the environmental aspects of vehicle propulsion and tested various fuels and technologies. While no single solution eliminates environmental impacts, electric vehicles (EVs) are currently considered optimal. However, EVs relocate negative impacts on electricity production sites, lithium mining areas, and battery manufacturing facilities. Recycling helps, though often driven by necessity rather than economic benefits. Thus, EVs can only be a sustainable solution if electricity and batteries are produced in environmentally friendly ways.

Hydrogen, meanwhile, is gaining renewed attention as a potential transitional energy carrier for transportation. Although hydrogen boasts excellent energy properties, its logistics—from production to vehicle use—pose significant challenges. Nevertheless, analyses in sections 2 and 3 suggest that these technological and organizational challenges are solvable, and hydrogen-powered transportation is experiencing rapid growth.

Despite its promise, hydrogen remains costly and energy-intensive compared to fossil fuels. The environmental benefit of hydrogen largely depends on the electricity source used in production. Hydrogen production through surplus renewable energy, which would otherwise be wasted, is particularly favorable.

Addressing regulatory, technological, and educational gaps is essential for hydrogen's success. Harmonizing international standards, advancing materials and detection technologies, and providing specialized training for hydrogen-safe handling are key steps forward.

Finally, improving transportation systems and vehicle utilization could significantly reduce pollution caused by road transport which, although less impactful than industries like cement production, thermal power plants, warfare, and wildfires, still contributes notably to environmental degradation.

References:

1. Gusev A., Dyadyuchenko Y. "The Mysterious Island of Boris Shelishch - The Dawn of the Hydrogen Century". International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAE), 2002, no. 4, pp. 1-3.
2. GPP. "Austria Gasoline prices, 04-Nov-2024". 04 Nov 2024. Available: https://www.globalpetrolprices.com/Austria/gasoline_prices/.
3. BASF. "Predstavljamo – Vodonik". 16 Oct 2024. Available: <https://www.basf.com/rs/sr/who-we-are/green-transformation-blog/predstavljamo---vodonik>.
4. Koide T. "Kawasaki Heavy builds world's first tanker for liquid hydrogen". 25 May 2021. Available: <https://www.asahi.com/ajw/articles/14357692>.
5. Jacobsen J. H. "Ammonfuel: An Industrial View of Ammonia as a Marine Fuel". Aug 2020. Available: <https://hafniabw.com/wp-content/uploads/2020/08/Ammonfuel-Report-an-industrial-view-of-ammonia-as-a-marine-fuel.pdf>.

УДК 656.025

*Яковлев Д. Ю., студент,
Палагин Ю.И., д.т.н., профессор,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
им. А. А. Новикова», г. Санкт-Петербург, Россия*

ВОЗДУШНЫЕ КОРИДОРЫ БУДУЩЕГО: РАЗВИТИЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТИ АВИАПЕРЕВОЗОК

Аннотация. В статье рассматриваются современные тенденции развития глобальной сети авиaperевозок, включая анализ новых маршрутов (транспoлярных и южно-тихоокеанских) и их влияние на сокращение времени доставки грузов между континентами. Особое внимание уделено изменению грузопотока в условиях роста электронной коммерции и сезонных колебаний, а также реконфигурации маршрутов под воздействием геополитических факторов. Особый акцент сделан на адаптацию отрасли к санкционным ограничениям, включая поиск альтернативных поставщиков и развитие цифровых решений. Реализация предложенных мер позволит повысить эффективность и устойчивость авиационной логистики в условиях современных вызовов.

Ключевые слова: глобальная сеть перевозок, оптимизация маршрутов, геополитические риски, транспoлярный и южно-тихоокеанский маршрут, TMS (Total Management System).

Abstract. The article examines current trends in the development of the global air transportation network, including the analysis of new routes (transpolar and South Pacific) and their impact on reducing the time of cargo delivery between continents. Special attention is paid to the change in cargo traffic in the context of the growth of e-commerce and seasonal fluctuations, as well as the reconfiguration of routes under the influence of geopolitical factors. Special emphasis is placed on adapting the industry to sanctions restrictions, including the search for alternative suppliers and the development of digital solutions. The implementation of the proposed measures will improve the efficiency and sustainability of aviation logistics in the face of modern challenges.

Keywords: Global transportation network, route optimization, geopolitical risks, technological innovations, transpolar route, South Pacific route, TMS.